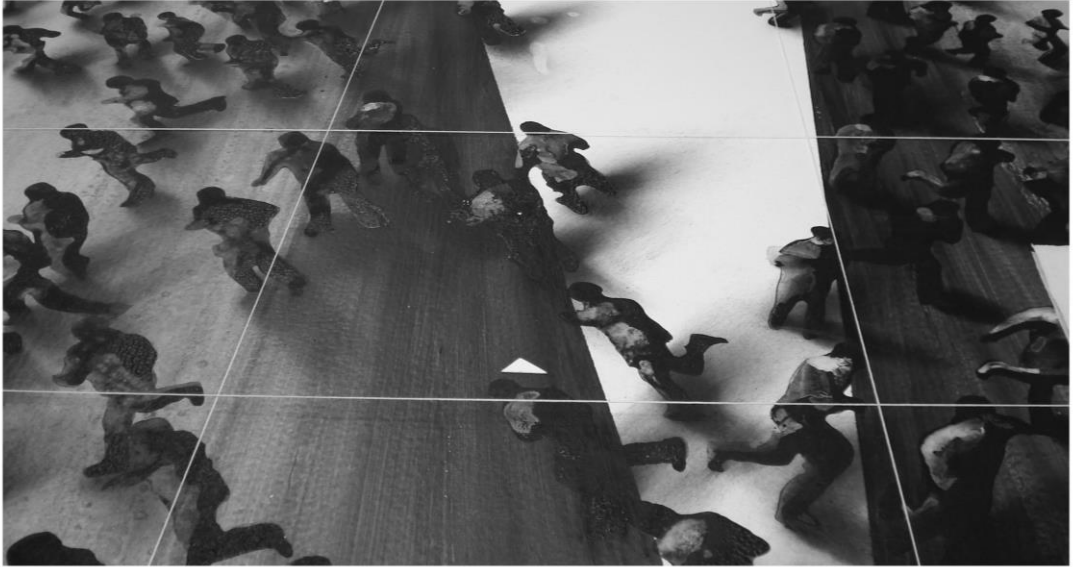


**Estudio de sistemas y tratamientos de
estabilización de capas pictóricas no
protegidas en pintura contemporánea.
Criterios y metodologías de actuación**

M^a TERESA PASTOR VALLS

**EDITORIAL
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**



ESTUDIO DE SISTEMAS Y TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN DE CAPAS PICTÓRICAS NO PROTEGIDAS EN PINTURA CONTEMPORÁNEA. CRITERIOS Y METODOLOGÍAS DE ACTUACIÓN.

Tesis presentada por: M^a Teresa Pastor Valls.

**Tesis dirigida por: Pilar Roig Picazo.
Carmen Pérez García.
David Juanes Barber.**



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Colección Tesis Doctorales

© M^a Teresa Pastor Valls

© 2014, de la presente edición: Editorial Universitat Politècnica de València
Telf.: 963 877 012 / www.lalibreria.upv.es

ISBN: 978-84-9048-185-1 (versión CD)

Queda prohibida la reproducción, distribución, comercialización, transformación, y en general, cualquier otra forma de explotación, por cualquier procedimiento, de todo o parte de los contenidos de esta obra sin autorización expresa y por escrito de sus autores.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	pp. 25-90.
A) Exposición de la materia de tesis y estructura	pp. 27-29.
B) Estado de la cuestión	pp. 30-90.
b.1. Una aproximación a la problemática de la conservación y restauración de la pintura moderna y contemporánea.	pp. 30-37.
b.2. La estabilización de los estratos de color en pintura contemporánea, un problema constatado.	pp. 38-45.
b.3. ¿Cuál es el significado de estabilización, fijación, adhesión, impregnación y consolidación?.	pp. 45-50.
b.4. Estabilización de pintura actual. Investigaciones precedentes.....	pp. 50-90.
b.4.1. Investigación aplicada y desarrollo de modelos teóricos	pp. 50-72.
b.4.2. Sistemas de intervención.	pp. 72-78.
b.4.3. Evolución de polímeros en intervenciones de estabilización.	pp. 78-85.
b.4.4. Avances y líneas de investigación futura.	pp. 86-90.
1. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	pp. 91-94.
1.1. Objetivos generales	p. 93.
1.2. Objetivos específicos	p. 94.
2. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS	PP. 95-106.
2.1. Fase teórica	pp. 97-106.
2.1.1. Localización de fuentes bibliográficas.	pp. 97-98.
2.1.2. Estudio de campo.	pp. 98-104.
2.1.2.1. Estudio de obras.	pp. 99-101.
2.1.2.2. Formulario de encuesta a restauradores	pp. 101-104.
2.2. Fase experimental	pp. 104-106.
1ª PARTE: FASE TEÓRICA	
3. INTRODUCCIÓN A LOS MATERIALES, TÉCNICAS Y ACABADOS	pp. 107-132.
3.1. Materiales y técnicas	pp. 109-114.
3.1.1. Soportes.....	pp. 114-118.
3.1.1.1. Textiles.	pp. 115-116.
3.1.1.2. Lígneos	p. 117.
3.1.1.3. Otros materiales.	p. 118.
3.1.2. Estratos intermedios.....	pp. 118-119.
3.1.3. Capas de color.	pp. 120-132.
3.1.3.1. Nuevos medios pictóricos.	pp. 120-126.
3.1.3.2. Combinación de materiales.	pp. 126-129.
3.1.3.3. Nuevas técnicas y sistemas de aplicación.	pp. 130-131.
3.2. Estratos finales y acabados	pp. 131-132.
4. PINTURA CONTEMPORÁNEA: PROBLEMAS DE ADHESIÓN Y COHESIÓN	pp. 133-180.
4.1. Una aproximación hacia las tipologías y principales causas de alteración en pintura contemporánea	pp. 135-137.
4.1.1. Tipologías de alteración y factores internos.	pp. 137-138.
4.1.1.1. Los materiales empleados.	pp. 138-139.

4.1.1.2. La ejecución de las obras.	pp. 140-143.
4.1.1.3. La concepción teórica de la obra.....	pp. 144-145.
4.1.2. Tipologías de alteración y factores externos.....	pp. 145-156.
4.1.2.1. Humedad relativa y temperatura.	pp. 145-147.
4.1.2.2. La iluminación.	pp. 147-148.
4.1.2.3. La calidad del aire.	pp. 148-149.
4.1.2.4. Accidentes, agresiones, robos y catástrofes.....	pp. 149-152.
4.1.2.5. Agentes biológicos.....	pp. 152-153.
4.1.2.6. Intervenciones incorrectas.	pp. 153-155.
4.2. Problemas de adhesión y cohesión en pintura contemporánea.	pp. 156-158.
4.2.1. Falta de adhesión. Desprendimiento de los estratos de color.	pp. 159-172.
4.2.2. Falta de cohesión. Pulverulencia de los estratos de color.....	pp. 173-180.
5. POLÍMEROS EMPLEADOS EN LAS INTERVENCIONES.....	pp. 181-266.
5.1. Polímeros empleados.....	pp. 183-185.
5.2. Clasificación y principales propiedades según su origen.	pp. 186-187.
5.2.1. Compuestos naturales orgánicos.....	pp. 187-200.
5.2.1.1. Polisacáridos.	pp. 188-193.
5.2.1.2. Proteínas.	pp. 193-200.
5.2.2. Compuestos artificiales orgánicos.....	pp. 200-226.
5.2.2.1. Polímeros semisintéticos.	pp. 201-205.
5.2.2.2. Polímeros sintéticos.....	pp. 205-206.
5.2.2.2.1. Derivados vinílicos.	pp. 206-207.
5.2.2.2.1.1. Acetato de polivinilo PVAc.	pp. 208-210.
5.2.2.2.1.2. Alcohol polivinílico PVAL.	pp. 211-213.
5.2.2.2.1.3. Polivinilacetales.	pp. 213-214.
5.2.2.2.1.4. Copolímeros EVA.	pp. 214-216.
5.2.2.2.1.5. Otros copolímeros vinílicos.	pp. 216-217.
5.2.2.2.2. Resinas acrílicas.	pp. 217-221.
5.2.2.2.3. Polímeros de amidas terciarias PEOX.	pp. 222-225.
5.2.2.2.4. Polímeros fluorados.....	pp. 225-226.
5.2.2.3. Hidrocarburos.....	pp. 227-228.
5.2.2.3.1. Ciclododecano.	pp. 227-228.
5.2.2.3.2. Cera de parafina.....	p. 228.
5.3. Fichas adhesivos y consolidantes (fase experimental).....	pp. 229-266.
5.3.1. Compuestos naturales orgánicos.....	pp. 229-237.
5.3.1.1. Polisacáridos.	pp. 229-233.
5.3.1.1.1. Funori.	pp. 229-231.
5.3.1.1.2. JunFunori®.	pp. 232-233.
5.3.1.2. Proteínas.	pp. 234-237.
5.3.1.2.1. Cola de esturión.	pp. 234-235.
5.3.1.2.2. Gelatina alimentaria tipo B.	pp. 236-237.
5.3.2. Compuestos artificiales orgánicos.....	pp. 238-266.
5.3.2.1. Polímeros semisintéticos.	pp. 238-243.
5.3.2.1.1. Metilcelulosa, MC.	pp. 238-239.
5.3.2.1.2. Tylose® MH 300P.	pp. 240-241.
5.3.2.1.3. Klucel® G.	pp. 242-243.
5.3.2.2. Polímeros sintéticos.	pp. 244-266.

5.3.2.2.1. Mowilith® SDM5.	pp. 244-245.
5.3.2.2.2. Gelvatol®.	pp. 246-247.
5.3.2.2.3. Beva® 371.	pp. 248-249.
5.3.2.2.4. Paraloid® B72.	pp. 250-251.
5.3.2.2.5. Plexisol® P550.	pp. 252-253.
5.3.2.2.6. Acril® 33.	pp. 254-255.
5.3.2.2.7. Plextol® B500.	pp. 256-257.
5.3.2.2.8. Aquazol®.	pp. 258-260.
5.3.2.2.9. Ciclododecano.	pp. 262-264.
5.3.2.2.10. Fluoline® HY.	pp. 265-266.

6. PRINCIPIOS TEÓRICOS INTERVENCIONES DE ADHESIÓN Y CONSOLIDACIÓN pp. 267-338.

6.1. Concepto de adhesivo y adhesión. pp. 269-278.

6.1.1. Conceptos básicos.	pp. 269-272.
6.1.2. Modelos de adhesión.	pp. 272-277.
6.1.2.1. Modelo mecánico.	p. 273.
6.1.2.2. Modelo de la difusión.	pp. 273-274.
6.1.2.3. Modelo eléctrico.	p. 274.
6.1.2.4. Modelo de adsorción termodinámica.	p. 275.
6.1.2.5. Modelo de enlace químico.	pp. 275-276.
6.1.2.6. Modelo ácido-base.	p. 276.
6.1.2.7. Modelo reológico.	p. 276.
6.1.2.8. Modelo de capas débiles de rotura preferente.	pp. 277-278.

6.2. Propiedades físico-químicas de los polímeros que afectan a las intervenciones de estabilización. pp. 278-338.

6.2.1. Propiedades anteriores al curado del adhesivo.	pp. 278-296.
6.2.1.1. Las superficies deben estar limpias.	pp. 279-280.
6.2.1.2. El adhesivo debe entrar en contacto con las superficies.	pp. 280-284.
6.2.1.3. El adhesivo debe fluir sobre la superficie.	pp. 284-288.
6.2.1.4. El consolidante debe penetrar hasta el estrato sano.	pp. 288-296.
6.2.2. Proceso de secado y curado de los adhesivos.	pp. 297-306.
6.2.2.1. Evaporación y secado.	pp. 297-301.
6.2.2.2. Polímeros en disolución.	p. 302.
6.2.2.3. Polímeros en dispersión coloidal.	pp. 303-305.
6.2.2.4. Resinas termofusibles.	p. 306.
6.2.3. Estabilidad de la unión.	pp. 306-315.
6.2.3.1. Fuerza exigida a la unión.	pp. 307-310.
6.2.3.2. Propiedades del adhesivo frente a la temperatura.	p. 310-315.
6.2.3.2.1. Polímeros termoplásticos y termoestables.	p. 311.
6.2.3.2.2. Temperatura de transición vítrea Tg.	pp. 312-315.
6.2.3.2.3. Punto de fusión Pf.	p. 315.
6.2.3.3. Estabilidad mecánica.	pp. 315-321.
6.2.3.3.1. Influencia de la estructura polimérica.	p. 316.
6.2.3.3.2. Influencia de la Tg.	p. 317.
6.2.3.3.3. Generalidades sobre la respuesta mecánica.	pp. 317-321.
6.2.3.4. Estabilidad química y biológica.	pp. 321-328.
6.2.3.4.1. Estabilidad frente a agentes físicos y químicos.	pp. 321-326.
6.2.3.4.2. Estabilidad frente a agentes biológicos.	pp. 326-327.
6.2.3.4.3. Reactividad con los materiales constitutivos.	pp. 327-328.

6.3. Propiedades ópticas de los estratos a estabilizar.....	pp. 329-338.
6.3.1. Interacción de la luz con las superficies: mate o brillante.....	pp. 329-332.
6.3.2. Relación pigmento-aglutinante y propiedades del estrato.....	pp. 333-338.
7. SISTEMAS DE ADHESIÓN Y CONSOLIDACIÓN.....	pp. 339-342.
7.1. Sistemas tradicionales <i>versus</i> estabilización pintura contemporánea. .	pp. 341-346.
7.2. Estabilización de pintura actual. Protocolo diseño intervención.	pp. 347-348.
7.2.1. Pasos previos a la intervención.....	pp. 347-353.
7.2.1.1. Examen organoléptico y diagnóstico. Documentación gráfica.....	p. 348.
7.2.1.2. Puesta en contacto con el artista.	pp. 349-350.
7.2.1.3. Estudios científicos.	pp. 350-353.
7.2.1.3.1. Caracterización de materiales y causas.	pp. 350-352.
7.2.1.3.2. Probetas de ensayo y testado de materiales.....	pp. 352-353.
7.2.1.3.3. Medición de las condiciones ambientales.	p. 353.
7.2.2. Diseño de la intervención.....	pp. 353-354.
7.2.2.1. Modelo de toma de decisiones.	pp. 353-354.
7.2.2.2. Otras consideraciones.	p. 354.
7.3. Tratamientos previos. Protecciones temporales.	pp. 355-357.
7.4. Intervenciones de adhesión de estratos.	pp. 358-383.
7.4.1. Propósito de la intervención.	p. 358.
7.4.2. Técnicas y tratamientos.....	pp. 358-369.
7.4.2.1. Adhesión básica de un estrato delaminado.	pp. 358-360.
7.4.2.2. Adhesión de estratos con suciedad y deformaciones.	pp. 360-363.
7.4.2.3. Adhesión de estratos mates y muy porosos.	pp. 363-367.
7.4.2.4. Adhesión de estratos con texturas y de peso elevado.....	pp. 367-368.
7.4.2.5. Adhesión de estratos sobre bases grasas.	pp. 368-369.
7.4.2.6. Adhesión de otros elementos de la capa de color.....	p. 369.
7.4.3. Sistemas de aplicación.	pp. 370-375.
7.4.3.1. Aplicación mediante pincel, jeringuilla, mini espátula, etc..	pp. 370-372.
7.4.3.2. Uso conjunto de la "mini mesa" y mesa de baja presión..	pp. 372-373.
7.4.3.3. Uso combinado de espátula caliente, IR y planchas.....	pp. 373-374.
7.4.3.4. Sistemas auxiliares de presión y amortiguación..	pp. 374-375.
7.4.4. Selección de la sustancia adhesiva.	pp. 375-380.
7.4.5. Requisitos básicos de las intervenciones y de los adhesivos.....	p. 381.
7.4.5.1. Requisitos de una intervención de adhesión.....	p. 381.
7.4.5.2. Requisitos de los adhesivos.....	p. 381.
7.4.6. Problemas en los tratamientos de adhesión.	pp. 382-383.
7.5. Intervenciones de consolidación de estratos.	pp. 384-418.
7.5.1. Propósito de la intervención.	p. 384.
7.5.2. Técnicas y tratamientos.....	pp. 384-390.
7.5.2.1. Consolidación básica de un estrato con falta de cohesión.	pp. 384-386.
7.5.2.2. Consolidación de estratos con suciedad.	p. 387.
7.5.2.3. Consolidación de estratos desmoronados, porosos y/o de elevado grosor y granulometría.	pp. 387-390.
7.5.2.4. Reactivación del aglutinante.....	p. 390.
7.5.3. Sistemas de aplicación.	pp. 391-404.
7.5.3.1. Aplicación a pincel.	pp. 392-395.
7.5.3.2. Aplicación con aerosol y aerógrafo..	pp. 395-396.
7.5.3.3. Nebulizadores neumáticos..	p. 396.

7.5.3.4. Nebulizadores por ultrasonidos.....	pp. 396-401.
7.5.3.5. Uso conjunto de la succión y presión.....	pp. 402-403.
7.5.3.6. Atmósferas saturadas de solvente..	pp. 403-415.
7.5.4. Selección de la sustancia consolidante.....	pp. 405-413.
7.5.5. Requisitos básicos de las intervenciones y de los consolidantes.....	p. 414.
7.4.5.1. Requisitos de una intervención de consolidación.....	p. 414.
7.4.5.2. Requisitos de los consolidantes.....	p. 415.
7.5.6. Problemas en los tratamientos de consolidación.....	pp. 416-418.
4.1.1.2. La ejecución de las obras.....	pp. 140-143.
7.7. Seguridad e higiene en las intervenciones	p. 421.
7.8. Conservación preventiva.....	p. 422.
2ª PARTE: FASE EXPERIMENTAL	
8. SELECCIÓN, ESTUDIO Y TESTADO DE POLÍMEROS.....	pp. 423-451.
8.1. Objetivos y principios generales.....	pp. 425-443.
8.1.1. Selección de adhesivos y consolidantes.....	p. 425.
8.1.2. Envejecimiento acelerado por exposición a HR, T ^a y UVA.....	pp. 426-428.
8.1.3. Espectrofotometría UV-VIS y colorimetría.....	pp. 428-435.
8.1.3.1. Espectrofotometría UV-VIS.....	pp. 429-431.
8.1.3.2. Colorimetría.....	pp. 431-435.
8.1.4. Medida del brillo.....	pp. 436-437.
8.1.5. Medida del pH.....	pp. 437-439.
8.1.6. Comportamiento mecánico (esfuerzo-deformación).....	p. 443.
8.2. Materiales y métodos.....	pp. 444-456.
8.2.1. Selección de adhesivos y consolidantes. Formación de películas.....	pp. 444-448.
8.2.2. Envejecimiento acelerado por exposición a HR, T ^a y UVA.....	pp. 449-453.
8.2.3. Espectrofotometría UV-VIS y colorimetría.....	p. 454.
8.2.4. Medida del brillo.....	pp. 454-455.
8.2.5. Medida del pH.....	p. 455.
8.2.6. Comportamiento mecánico.....	p. 456.
8.3. Resultados y discusión.....	pp. 457-550.
8.3.1. Observaciones previas formación películas y envejecimiento.....	pp. 457-458.
8.3.2. Espectrofotometría UV-VIS y colorimetría.....	pp. 459-481.
8.3.2.1. Coordenadas cromáticas CIE L*a*b* y CIE XYZ.....	pp. 459-464.
8.3.2.2. Índice de amarilleo (YI).....	pp. 465-470.
8.3.2.3. Diferencia de color (ΔE^*).....	pp. 470-479.
8.3.3. Medida del brillo.....	pp. 479-486.
8.3.4. Medida del pH.....	pp. 486-491.
8.3.5. Grosor de las muestras.....	p. 492.
8.3.6. Comportamiento mecánico.....	pp. 493-546.
8.3.6.1. Módulo de elasticidad (E).....	pp. 493-498.
8.3.6.2. Esfuerzo a fluencia pendiente 0% y 10%.....	pp. 498-507.
8.3.6.3. Esfuerzo y deformación en la rotura.....	pp. 507-523.
8.3.6.4. Conclusiones comportamiento mecánico.....	pp. 524-530.
8.3.6.5. Resumen comportamiento óptico, químico (pH) y mecánico.....	pp. 530-546.
9. ADHESIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE PINTURA VINÍLICA.....	pp. 547-618.
9.1. Adhesión de pintura vinílica.....	pp. 549-578.
9.1.1. Objetivos y principios generales.....	pp. 550-554.

9.1.1.1. Envejecimiento acelerado por exposición a HR, T ^a y UVA.....	p. 550.
9.1.1.2. Colorimetría.....	p. 550.
9.1.1.3. Medida del brillo.....	p. 550.
9.1.1.4. Ensayos de esfuerzo-deformación.....	p. 550.
9.1.1.5. Medida de la adhesión.....	pp. 550-554.
9.1.2. Materiales y métodos.....	pp. 555-567.
9.1.2.1. Selección de materiales y realización de probetas.....	pp. 555-563.
9.1.2.1.1. Realización de probetas.....	pp. 555-458.
9.1.2.1.2. Selección de los adhesivos.....	pp. 559-562.
9.1.2.1.3. Aplicación de los adhesivos.....	pp. 562-563.
9.1.2.2. Envejecimiento acelerado por exposición a HR y T ^a	p. 563.
9.1.2.3. Colorimetría.....	pp. 563-564.
9.1.2.4. Medida del brillo.....	p. 564.
9.1.2.5. Ensayos de esfuerzo-deformación.....	p. 564.
9.1.2.6. Evaluación del nivel adhesivo.....	pp. 564-567.
9.1.3. Resultados y discusión.....	pp. 567-578.
9.1.3.1. Colorimetría.....	pp. 567-568.
9.1.3.2. Medición del brillo a 60°.....	p. 568.
9.1.3.3. Medición del nivel adhesivo: arranque por tracción.....	pp. 569-578.
9.2. Consolidación de pintura vinílica.....	pp. 578-618.
9.2.1. Objetivos y principios generales.....	pp. 578-579.
9.2.1.1. Envejecimiento acelerado por exposición a HR, T ^a y UVA.....	p. 578.
9.2.1.2. Colorimetría.....	p. 578.
9.2.1.3. Medida del brillo.....	p. 578.
9.2.1.4. Ensayos de esfuerzo-deformación.....	p. 579.
9.2.1.5. Medida de la consolidación.....	p. 579.
9.2.2. Materiales y métodos.....	pp. 581-596.
9.2.2.1. Selección de materiales y realización de probetas.....	pp. 581-593.
9.2.2.1.1. Realización de probetas.....	pp. 581-586.
9.2.2.1.2. Selección de los consolidantes.....	pp. 586-591.
9.2.2.1.3. Aplicación de los consolidantes.....	pp. 591-593.
9.2.2.2. Envejecimiento acelerado por exposición a HR, T ^a y UVA.....	p. 593.
9.2.2.3. Colorimetría.....	p. 593.
9.2.2.4. Medida del brillo a 85°.....	p. 593.
9.2.2.5. Ensayos de esfuerzo-deformación.....	p. 593.
9.2.2.6. Evaluación del nivel cohesivo: test de pelado a 90°.....	pp. 593-596.
9.2.3. Resultados y discusión.....	pp. 596-618.
9.2.3.1. Colorimetría.....	pp. 596-600.
9.2.3.2. Medición del brillo a 85°.....	pp. 600-604.
9.2.3.3. Evaluación del nivel cohesivo: test de pelado a 90°.....	pp. 605-618.
9. CONCLUSIONES FINALES.....	pp. 619-628.
10. ANEXOS (FICHAS Y FORMULARIO).....	pp. 629-640.
11. RELACIÓN DE ILUSTRACIONES Y ABREVIATURAS.....	pp. 641-670.
12. FUENTES.....	Pp. 671-724.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE
VALÈNCIA

Facultad de Bellas Artes de San
Carlos. Departamento de
Conservación y Restauración de
Bienes Culturales

**Estudio de sistemas y tratamientos de
estabilización de capas pictóricas no
protegidas en pinturas contemporáneas.
Criterios y metodologías de actuación.**

Tesis presentada por:

M^a Teresa Pastor Valls

Tesis dirigida por:

Pilar Roig Picazo

M^a Carmen Pérez García

David Juanes Barber

VALENCIA 2013

RESUMEN

El propósito de esta investigación se centra en profundizar en las metodologías y criterios de intervención aplicados a la adhesión y consolidación de capas pictóricas contemporáneas sin proteger, así como en el estudio del comportamiento frente al envejecimiento de diversos polímeros y su posible viabilidad en el tratamiento de pintura vinílica, un tipo de aglutinante muy empleado en pintura actual.

Los problemas de estabilidad presentados (levantamientos y pulverulencia) comprometen la integridad de las obras y plantean tratamientos de limitada reversibilidad y elevada complejidad técnica. Además de los cambios de tipo óptico y de la afectación del concepto de la obra, pueden producirse cambios físicos, químicos y mecánicos, pues los polímeros introducidos deben proporcionar uniones adhesivas y cohesivas correctas, compatibles y duraderas. De ahí que debamos seleccionar los sistemas más seguros y los materiales más estables.

La parte teórica se inicia con el análisis del estado de la cuestión, el establecimiento de objetivos y la descripción de la metodología. Tras una introducción sobre los materiales, técnicas y acabados en pintura contemporánea, se han analizado las principales tipologías y causas de alteración. Los capítulos siguientes están dedicados tanto a los polímeros empleados, como a los principios físicos y químicos implicados, así como a las técnicas y sistemas actuales de intervención. Estos se han ilustrado con múltiples ejemplos procedentes de las fuentes, del estudio y la intervención de obras o de la encuesta realizada a especialistas en la materia.

En la parte experimental, se ha llevado a cabo un estudio comparativo de la estabilidad óptica, química (pH) y mecánica frente al envejecimiento acelerado de 16 polímeros naturales y sintéticos. Finalmente, se ha incluido una sección con la evaluación de los cambios ópticos y del grado de adhesión y cohesión obtenidos antes y después de envejecer, tras la aplicación de tres consolidantes y tres adhesivos sobre probetas que simulan pulverulencia (estrato con alto PVC: medio vinílico, blanco de titanio y azul ultramar) y falta de adhesión (estrato con bajo PVC: pintura vinílica comercial blanco titanio).

Esta investigación ha sido desarrollada gracias a la Fundación ICO a través de una beca de postgrado en el Área B, *Arte Contemporáneo* (2003-2004 y 2004-2005), al Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales IVC+R-CulturArts, Servei de Conservació i Restauració de Béns Culturals de la Excma. Diputació de Castelló y a la colaboración del Museu d'Art Contemporani Aguilera Cerni de Vilafamés, Fons Artístic de la Universitat Jaume I (UJI), Colección Patronato Martínez-Guerricabeitia-UV, Departamento de Química Inorgánica y Orgánica de la UJI e Instituto de Tecnología Cerámica (ITC).

RESUM

El propòsit d'aquesta recerca se centra a aprofundir en les metodologies i criteris d'intervenció aplicats a l'adhesió i consolidació de capes pictòriques contemporànies sense protegir, així com en l'estudi del comportament enfront de l'envelliment de diversos polímers i la seua possible viabilitat en el tractament de pintura vinílica, un tipus d'aglutinant molt utilitzat en pintura actual.

Els problemes d'estabilitat presentats (aixecaments i pulverulència) comprometen la integritat de les obres i plantegen tractaments de limitada reversibilitat i elevada complexitat tècnica. A més dels canvis de tipus òptic i de l'afecció del concepte de l'obra, poden produir-se canvis físics, químics i mecànics, ja que els polímers introduïts han de proporcionar unions adhesives i cohesives correctes, compatibles i duradores. Per aquest motiu hem de seleccionar els sistemes més segurs i els materials més estables.

La part teòrica s'inicia amb l'anàlisi de l'estat de la qüestió, l'establiment d'objectius i la descripció de la metodologia. Després d'una introducció sobre els materials, les tècniques i els acabats en pintura contemporània, s'analitzen les principals tipologies i causes d'alteració. Els capítols següents estan dedicats tant als polímers utilitzats, com els principis físics i químics implicats, així com a les tècniques i sistemes actuals d'intervenció. Aquests s'il·lustren amb múltiples exemples procedents de les fonts, de l'estudi i intervenció d'obres o de l'enquesta realitzada en la matèria.

En la part experimental es duu a terme un estudi contemporani de l'estabilitat òptica, química (pH) i mecànica enfront de l'envelliment accelerat de 16 polímers naturals i sintètics. Finalment, s'inclou una secció amb l'avaluació dels canvis òptics i del grau d'adhesió i cohesió obtinguts abans i després d'envellir, després de l'aplicació de tres consolidants i tres adhesius sobre provetes que simulen pulverulència (estrat amb alt PCV: mitjà vinílic, blanc de titani i blau ultramar) i falta de adhesió (estrat amb baix PVC: pintura vinílica comercial blanc titani).

Aquesta recerca ha estat desenvolupada gràcies a la Fundació ICO a través d'una beca de postgrau en l'Àrea B *Art Contemporani* (2003-2004 i 2004-2005), al Institut Valencià de Conservació i Restauració de Béns Culturals IVC+R-CulturArts, Servei de Conservació i Restauració de Béns Culturals de la Excma. Diputació de Castelló i la col·laboració del Museu d'Art Contemporani Aguilera Cerni de Vilafamés, Fons Artístic de la Universitat Jaume I, Col·lecció Patronat Martínez-Guerricabeitia-UV, Departament de Química Inorgànica i Orgànica de la Universitat Jaume I (UJI) i l'Institut de Tecnologia Ceràmica (ITC).

ABSTRACT

The purpose of this research is to delve into the intervention methodologies and criteria applied for adhesion and consolidation of uncovered contemporary paint layers, as well as the study of the aging behaviour of various polymers and their potential viability in the treatment of vinyl paint, a type of binding agent widely used in contemporary painting.

Stability problems presented – lifts and powdery – compromised the integrity of the work and pose treatments of limited reversibility and high technical complexity. Besides optical type changes and the effect of the concept of the work, physical, chemical and mechanical processes can take place since introduced polymers should provide correct adhesive and cohesive bonds, and also compatible and durable bonds. We must therefore select safer systems and more stable materials.

The theoretical part starts with the analysis of the state of the question, the establishment of objectives and the description of the methodology. After an introduction on materials, techniques and finishes of contemporary paint, the main typologies and causes of change are analysed. The following chapters are devoted to the polymers used, the physical and chemical principles involved, and the current techniques and systems of intervention. All of this has been illustrated with multiple examples from sources of study and intervention of works or the survey conducted with experts in the field.

In the experimental part, a comparative study of optical stability has been performed: chemistry (pH) and mechanics versus the accelerated aging of 16 natural and synthetic polymers. Finally, it has been included a section with the assessment of the optical changes and the degree of adhesion and cohesion obtained before and after aging, after applying three consolidants and three adhesives on test tubes that simulate powdery (high PVC layer: vinyl medium, titanium white and ultramarine blue) and lack of adherence (low PVC layer: commercial titanium white vinyl paint).

This research has been carried out thanks to the Fundació ICO through a postgraduate fellowship in Area B, *Contemporary Art* Programme (2003-2004 and 2004-2005), at the Valencian Institute of Conservation and Restoration of Cultural Heritage IVC+R-CulturArts, Servei de Conservació i Restauració de Béns Culturals de la Excma. Diputació de Castelló and the collaboration of the Museu d'Art Contemporani Vicente Aguilera Cerni de Vilafamés, Fons Artístic of the Universitat Jaume I (UJI), Board Collection Martínez-Guerricabeitia-UV, Department of Inorganic and Organic Chemistry of the UJI and Instituto de Tecnología Cerámica (ITC).

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE
BIENES CULTURALES



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Dra. D^a. Pilar Roig Picazo, Catedrática del Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Universidad Politécnica de Valencia.

Dra. D^a. Carmen Pérez García, Catedrática del Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Universidad Politécnica de Valencia. Subdirectora General del Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, IVC+R. CulturArts Generalitat.

Dr. D. David Juanes Barber, Técnico Superior de Investigación en el Laboratorio de Materiales del Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, IVC+R.

CERTIFICAN: que la tesis doctoral titulada “Estudio de sistemas y tratamientos de estabilización de capas pictóricas no protegidas en pinturas contemporáneas. Criterios y metodologías de actuación”, realizada por la doctoranda M^a Teresa Pastor Valls, para optar al grado de Doctor, ha sido llevada a cabo bajo su dirección y reúne los requisitos suficientes para su lectura.

Y para que así conste, firman este certificado en Valencia a 09 de julio de 2013.

Fdo. D^a. Pilar Roig Picazo.

Fdo. D^a. Carmen Pérez García.

Fdo. D. David Juanes Barber.

ARTÍCULOS Y PÓSTERS

derivados de los resultados y de otras acciones desarrolladas:

- PASTOR VALLS, M^a T., *et Al.* "Un tiempo, un espacio, Uiso Alemany/Vicente Peris 1982-1984. Restauración de 28 obras de gran formato ejecutadas con pintura vinílica, alquitrán y loneta de algodón". *Conservación de Arte Contemporáneo. 14^a Jornada*. Madrid: MNCARS, 2013 (pendiente publicación).
- PASTOR VALLS, M^a T., PELLICER BAREA, A. "Les coordenades de la conservació i restauració d'art contemporani". *La conservació d'art contemporani. Casos d'estudi a partir de la Col.lecció Martínez Guerricabeitia de la Universitat de València*. Valencia: GMC, 2011, pp. 9-19.
- PASTOR VALLS, M^a T., PELLICER BAREA, A. "Un cas de fixació en acabats mat. Massacre II, 1975, de José Ortega". *La conservació d'art contemporani. Casos d'estudi a partir de la Col.lecció Martínez Guerricabeitia de la Universitat de València*. Valencia: GMC, 2011, pp. 39-47.
- PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C., PÉREZ MIRALLES, J., JUANES BARBER, D., PELLICER BAREA, A., BARREDA USÓ, G., MERCÉ MARTÍNEZ, P., D'ANTONI, P. "Recovery of the matter, image and concept of contemporary art works. Experiences at the IVC+R". Póster. *International Symposium Contemporary Art: Who Cares? Research and Practics in Contemporary Art Conservation*. 9-11 June 2010. Royal Tropical Institute Amsterdam.
- PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C. "Intervenciones de adhesión y consolidación de capas pictóricas no protegidas en pintura contemporánea. Resultados del cuestionario" *Conservación de Arte Contemporáneo. 9^a Jornada*. Madrid: MNCARS, 2008, pp. 125-145.
- PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C., PÉREZ MIRALLES, J. "Análisis y aplicaciones del nebulizador por ultrasonidos sobre obra pictórica y gráfica". *Unicum*. Nº 5, mayo. Barcelona: Unicum. 2008, pp. 160-169.
- PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C. "Pintura Contemporánea: una aproximación hacia los materiales, principales alteraciones y causas de degradación". *Unicum*. Nº 6, mayo. Barcelona: Unicum, 2007, pp. 104-114.
- PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C. "Legislación española e intervención de obras contemporáneas". *Actas 16th International Meeting on Heritage Conservation*. Valencia: Editorial UPV, 2006, pp. 947-958.
- PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C. "Materiales, alteraciones y causas en pintura actual". PÓSTER. XII Congresso da ABRACOR. Fortaleza (Brasil), agosto 2006.
- PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C. "Recursos Online para la intervención e investigación en Conservación Restauración de Arte Contemporáneo". *Unicum*. Nº 5, mayo. Barcelona: Unicum, 2006, pp. 112-125.
- PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, M^a C. "Alterations in Spanish Uncovered Contemporary Paint. A Visual Approach". *Modern Paints Uncovered Symposium*. London: Tate, Getty Conservation Institute & National Gallery, 2006. pp. 292-294.

*A mis padres y en especial a
a Óscar y Júlia,
por vuestro incondicional apoyo.*

*A Joaquín Valls, in memoriam,
por transmitirme su amor
por la pintura.*

AGRADECIMIENTOS:

A los directores/as de esta tesis con el más sincero agradecimiento y reconocimiento:

A la Dra. D^a Carmen Pérez García, gracias por dirigir esta tesis y compartir conmigo tus conocimientos e ilusiones. Nunca olvidaré que fuiste tú quien me dio la oportunidad de desarrollarme profesionalmente en conservación restauración de pintura actual, haciéndome partícipe de tantos proyectos. Gracias por confiar en mí durante estos años y por hacerlo con tanto cariño.

A la Dra. Pilar Roig Picazo, por animarme a tomar en 2002 el camino hacia la conservación y restauración de arte contemporáneo. Siempre te estaré agradecida por aquellas palabras, las cuales me han guiado hasta aquí. Gracias por ayudarme con tu experiencia y excelentes consejos, por creer en mí y hacer posible la defensa de esta tesis.

Al Dr. D. David Juanes Barber, por dirigir la parte experimental. Gracias por compartir tus conocimientos, por tu implicación e infinita paciencia, sentido del humor e inestimable apoyo, sin los cuales no hubiera podido concluir esta investigación.

Al Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales IVC+R y Servicio de Conservación Restauración de Bienes Muebles de la Excm. Diputación de Castellón, por facilitarme todos los recursos necesarios para desarrollar este trabajo.

A la Fundación ICO por subvencionar este estudio (cursos 2003-2004 y 2004-2005), y personalmente, al Dr. D. Ismael Fernández Guerrero (Dr. Fundación ICO (2004-2006) por su incondicional apoyo y ánimo en los momentos más difíciles; gracias también a D. Alfonso Arias (Responsable del Área de Educación en estas fechas).

Al Museu d'Art Contemporani de Vilafamés Vicente Aguilera Cerni, con especial mención a Pepe Garnería (Dr. Ejecutivo) por abrirme sus puertas en 2005 posibilitando el inicio del estudio de campo. A la Dra. D^a. Margarita Porcar Miralles (UJI), a María Cervera y Ángel Portolés de Arsipe Gestió Cultural S.L., por facilitarme el acceso al Fons Artístic UJI. Al Dr. José Pedro Martínez y a Lydiá Frasquet por permitirme estudiar las obras de la Colección Martínez-Guerricabeitia-UV. Y al Dr. D. Ferrán Olucha Montins por darme acceso a los fondos del Museu de Belles Arts de Castelló.

Al Dr. D. Juan Pérez Miralles, Coordinador del Dpto. de Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo del IVC+R – Servicio C+R Diputació de Castelló, por involucrarse con tanto entusiasmo en este estudio. Gracias por apoyarme y ofrecerme tu ayuda en tantas ocasiones.

Al Dr. D. Vicente Esteve Cano, Dpto. de Química Inorgánica y Orgánica UJI por facilitarme durante tantos meses la utilización del Espectrofotómetro UV-VIS. Gracias por tu comprensión y por lo mucho que me has ayudado.

Al Dr. D. José Miguel Martín (Laboratorio de Adhesión y Adhesivos, Universidad de Alicante), al Dr D. Carmelo Prieto Colorado (Dpto. Física de la Materia Condensada, Cristalografía y Mineralogía, Universidad de Valladolid), a la Dra. D^a Francisca

Quereda (Laboratorio de Composiciones Cerámicas, ITC), a D. Françoise Michel (conservador restaurador Schweeizerisches Nationalmusen Salmmlungszentrum), D^a Carole Dignard (CCI), D. Darius Tudela (Laboratorio Lienzos Levante S.L.), Industrias Titán S.A., Adapta Color S.L. e Hijo de Guillermo Colom S.A. A Marián Bodí (SCRDC), Julián Almirante (IVC+R), Carmen Calvo, Vicente Peris, Uiso Alemany, Enric Solbes, Juan Genovés, Salvador Soria y Amparo Iranzo. Por atender a todas mis preguntas y brindarme vuestra colaboración desinteresada.

Por compartir vuestra experiencia y difundir el formulario de encuesta: a Isabel Alonso (IVC+R), Patricia Álvarez (MNCARS), Lúdia Balust (ESCRBCC), Teodora Carneiro (Pinacoteca do Estado de Sao Paulo, Brasil), Michelle Facici (National Gallery of Art, Washington D.C.), Elena García (SCR Diputación Ciudad Real), Cushla Hill (University of Melbourne, Australia), Cecilia Illa (Fundació "LaCaixa"), Reyes Jiménez (Museu Picasso de Barcelona), Rafael E. "Jun" (Faculty 3 University of Manila, Philippines), Nicolas Lemmens (Lemmens Art Conservation Brussels), M^a Thaïs López (Centro Galego de Arte Contemporánea), Mónica Marull (Fundació Antoni Tàpies), Marion Mecklenburg (Smithsonian Institution), Silvia Noguera (MACBA), Andrea Pataki (Conservation Lab State Academy of Art and Design Stuttgart, Germany), César del Pino (ERBC Fundación Cristóbal Gabarrón), Alfonso Puchades, Viqui Quiroga (IVC+R), Alina Remba (San Francisco Museum of Modern Art), Lourdes Rico, José Carlos Roldán (Centro Andaluz de Arte Contemporáneo), Xavier Rosell (MACBA), Françoise Rosier (KIK-IRPA), Juan Antonio Sánchez (MNCARS), Ida Antonia Tank (Oslo Kommune kultur og idrett and Henie Onstad Art Centre/University of Oslo; Munch Museum), Cathy Vieillescazes (Univerité d'Avignon et des Pays de Vaucluse); junto a Lourdes de Luis (SCR Patrimonio Nacional), D^a. Elena Martín (Fundación Museo Jorge Oteiza), GE-IIC y ConsDist List Archives.

A los coordinadores/as y compañeros/as de trabajo del IVC+R, por vuestras palabras de ánimo. Mi gratitud a Ana Pellicer, por su generosidad. A Pascual Mercé y Livio Ferrazza, por su profesionalidad y gran ayuda con las fotografías y parte experimental.

Al Dr. Francisco José Guerrero Carot, por haber estado ahí durante tantos años, guiándome en cada trabajo, en cada investigación. A la Dra. Ana Galán Pérez por darme fuerza y aconsejarme a través de su experiencia. A Ángeles Mosquera, por su apoyo. Gracias por las traducciones y correcciones gramaticales y de estilo. A Mónica Campos por ayudarme y estar siempre a mi lado, a Debra Beatty, por su paciencia al corregir los formularios de encuesta. Gracias por vuestra amistad.

A mi familia y amigos/as, por vuestra comprensión, preocupación y paciencia infinita. Agradezco mucho vuestras palabras, contínuos mensajes y llamadas. Espero poder compensaros por tantas ausencias.

De forma muy especial, a mis padres por haber sido siempre mi mayor apoyo. A Óscar y Júlia, mi pilar, la razón de mi vida... Gracias por el esfuerzo que hacéis día a día para que pueda alcanzar mis sueños. A mi abuelo Joaquín Valls, in memoriam, por enseñarme desde muy pequeña a amar la pintura.

*“Son las cosas que no conocéis, las
que cambiarán vuestra vida”.*

Wolf Vostell (1932-1998).

An aerial photograph of a dry, cracked landscape, likely a salt flat or a desert. The ground is light-colored and covered in a network of dark, irregular cracks. A bright pink rectangular box is superimposed over the center of the image, containing the text "1. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS" in white, bold, uppercase letters.

1. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

1. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

Los objetivos generales y específicos planteados para esta investigación son los siguientes:

1.1. OBJETIVOS GENERALES:

- Profundizar en los sistemas, metodologías y criterios de estabilización (adhesión y consolidación) de estratos de color no protegidos en obras pictóricas contemporáneas.
- Dotar a la investigación de un enfoque que, desde la perspectiva del conservador restaurador, aúne la teoría y la práctica a través de la compilación y discusión bibliográfica, el análisis de fuentes, las experiencias de otros profesionales, el estudio e intervención de obras y/o la perspectiva científica.
- Llevar a cabo una revisión de las técnicas de intervención empleadas en diversos centros y por distintos especialistas, aportando una visión global y contextualizada.
- Establecer unas pautas básicas para el diseño de un protocolo de intervención válido para su utilización en las intervenciones sujetas a estudio.
- Analizar el comportamiento y estabilidad frente al envejecimiento de diversos polímeros empleados en este tipo de tratamientos.
- Realizar un estudio experimental aplicado a la estabilización de pintura vinílica, una técnica muy frecuente en pintura actual, simulando las principales tipologías de alteración y valorando la viabilidad del uso de diversos polímeros seleccionados.
- Contribuir a establecer unas bases para la selección de dichos polímeros, teniendo en cuenta los materiales, patologías presentadas y la doble dimensión concepto-materia de las obras contemporáneas, en función de sus principales propiedades y estabilidad frente a las condiciones ambientales que las rodean.
- Proporcionar apoyo metodológico a la comunidad de conservadores restauradores tras la defensa de la tesis doctoral, mediante la difusión de los resultados obtenidos.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Partir del análisis del estado de conservación de diferentes obras pictóricas, en cuanto a estratos de color, en diversos centros con carencias de conservación preventiva o con obras no restauradas, a fin de obtener información sobre las alteraciones que llevan a la necesidad de realizar intervenciones de estabilización, en relación con los materiales constitutivos.
- Contemplar a su vez, el estudio y el conocimiento paralelo de temas tan diversos e interrelacionados, como son los materiales y las técnicas, las alteraciones y sus principales causas, la filosofía de creación, la legislación o las técnicas y criterios de intervención en pintura actual.
- Establecer contacto con distintos profesionales de la conservación restauración de arte contemporáneo a través de un formulario de encuesta, recogiendo sus experiencias y las necesidades existentes.
- Conocer cuáles son los polímeros más afines y utilizados en estabilización de pintura contemporánea, realizando una selección para su posterior testado. Esta selección contemplará los materiales más comunes como aquellos incorporados más recientemente.
- Comprender los fenómenos físico-químicos y factores que intervienen en las intervenciones de adhesión y consolidación, los cuales las convierten en procesos de gran dificultad y complejidad.
- Realizar un estudio comparativo mediante el análisis de la estabilidad óptica (color y brillo), química (pH en superficie) y mecánica (resistencia a la tracción y alargamiento en la rotura) de los polímeros naturales y sintéticos utilizados en estabilización de pintura contemporánea frente condiciones ambientales no controladas en interiores, mediante el envejecimiento acelerado: exposición a oscilaciones de temperatura, humedad relativa y radiación UVA.
- Seleccionar diversos polímeros según los resultados obtenidos y su posible compatibilidad, aplicándolos mediante técnicas actuales sobre probetas de pintura vinílica con pulverulencia y falta de adhesión simulada.
- Evaluar los cambios ópticos sufridos, así como el grado de adhesión y cohesión resultante, en términos de resistencia, tras la aplicación de los polímeros seleccionados antes y después de su envejecimiento.
- Establecer una base para estudios posteriores.

An aerial photograph of a rugged coastline with light-colored, layered rock formations and dark water. A solid pink rectangular box is centered horizontally across the middle of the image, containing the text '2. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS' in white, bold, uppercase letters.

2. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS

2. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS

A continuación, y con motivo de facilitar la mejor comprensión de los pasos que se han seguido en la elaboración de esta tesis, se describirá la metodología general de investigación empleada. Cabe señalar, que debido a las características del estudio, se consideró necesario abordar el tema desde varios puntos de vista interrelacionados y de desarrollo paralelo.



Fig. 31. Esquema fases de la investigación.

La investigación, desarrollada de 2005 a 2012, ha constado de dos fases diferenciadas, la fase teórica en la que se incluye un estudio de campo, y por último, la fase experimental, que corresponde a la última parte de la tesis. Entre la primera fase y el estudio de campo, se produce un mecanismo de retroalimentación, el cual a su vez, constituye el asiento sobre el que se construye la segunda (Fig. 31).

2.1. FASE TEÓRICA:

2.1.1. Localización de fuentes bibliográficas:

Esta fase comenzó con la identificación del objeto de estudio, seguida de una compleja y exhaustiva búsqueda, y localización de fuentes, realizada tanto a nivel bibliográfico como a través de diferentes recursos en línea¹⁸⁹.

En general, se realizaron búsquedas a escala nacional e internacional, en materia de museos de arte contemporáneo, informes y publicaciones derivadas de la conservación restauración de pintura actual, así como sobre productos y sistemas de conservación restauración utilizados en estabilización de capas pictóricas.

¹⁸⁹ Ver C.11. Bibliografía.

Tabla. 1. Localización de fuentes bibliográficas.

Bibliotecas	Biblioteca IVCR Biblioteca General de la UPV Biblioteca Facultad BB.AA. UPV Biblioteca del Dpto. CRBC UPV Biblioteca BB.AA. UB Biblioteca Central UJI Biblioteca MACBA, Biblioteca ESCRBCC
Bases de datos On line	AATA Online BCIN Database ICCROM Library Catalogue Biblioteca IPHE Red de Centros de Documentación Cultural BDD ProQuest Information and Learning CCBUC TESEO Tesis doctorals en xarxa AENOR (Normativa) INCCA Project, CAMEO

La evaluación genérica y específica de la información ha dado paso a una lectura contrastada de las diversas fuentes, constituyendo una de las tareas más laboriosas e importantes de esta fase. Su revisión ha servido para conocer el nivel de desarrollo del estudio y para documentar el resto de capítulos (Tabla 1 y Fig. 32).



Fig. 32. Imagen página Web BCIN.

2.1.2. Estudio de campo:

El estudio de campo, planteado como medio de ahondar en el conocimiento de la realidad, está formado por dos partes: el estudio de obras y la consulta a los profesionales de la conservación restauración de arte contemporáneo¹⁹⁰. Junto con la evaluación sistemática de las fuentes bibliográficas, dicho estudio de campo se planteó a fin de fundamentar los distintos capítulos de los que consta la tesis, permitiendo conocer el nivel en el que se hallaba el estudio, las deficiencias, los avances obtenidos y la metodología empleada por otros especialistas¹⁹¹.

¹⁹⁰ Algunos de los resultados del estudio de campo han sido publicados en: PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C. "Intervenciones de adhesión y consolidación de capas pictóricas no protegidas en pintura contemporánea. Resultados del cuestionario" *Conservación y restauración de arte contemporáneo 9ª Jornada*. Madrid: GEIIC-MNCARS, 2008, pp. 135-145.

¹⁹¹ La utilización de Internet y del correo electrónico, ha supuesto un medio de contacto e intercambio de información con otros especialistas, más allá de nuestras propias fronteras.

2.1.2.1. Estudio de obras:



Se convino realizar un estudio global de obras centrado en el análisis de aquellas que presentaran problemas de estabilización (falta de adhesión y cohesión), con motivo de ilustrar el capitulado de la tesis y construir una base sobre la que desarrollar la fase experimental. Para ello, era importante realizar este estudio en centros que atesoraran piezas sin intervenir (Tabla 2-3 y Fig. 33), a fin de detectar estos problemas de forma magnificada en un mayor número de piezas. Una vez elegidos, se realizó un estudio sistemático obra por obra empleando una ficha diseñada a tal fin (ver anexo).

Fig. 33. Fachada principal Museu d'Art Contemporani Vilafamés.

Tabla. 2. Metodología estudio de obras.

Obtención y recogida de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Documentación gráfica y fotográfica. • Diseño de una ficha de campo (ver anexo)¹⁹². • Solicitud de permisos de visita y tomas fotográficas (ver anexo). • Visita a los centros expositivos. • Selección y estudio de obras. • Elaboración de un diagnóstico tanto individual como global, haciendo hincapié en la descripción técnica y estado de conservación de los estratos pictóricos.
Análisis datos	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción de resultados y conclusiones. • Comparativa porcentual¹⁹³. • Elaboración de tablas y gráficos.

¹⁹² La ficha está diseñada para identificar el objeto y realizar el análisis del estado de conservación de los estratos (soporte, preparación y color) *in situ*. A fin de ajustarnos al objeto de estudio, se eliminó el apartado "capas de protección".

¹⁹³ Los datos se han interpretado mediante comparativa porcentual. Metodología empleada en otras investigaciones: Cfr. LUBICK, A. "Conservation Treatment of Tracing Paper Survey Results". 3/99, COOL, Conservation *OnLine*. [En línea]. Stanford: Preservation Department of Stanford University Libraries: 2004. <<http://palimpsest.stanford.edu>>. [Consulta: 22/07/05].

Tabla. 3. Procedencia obras estudiadas (2005-2008).

Centros	<ul style="list-style-type: none">• Museu d'Art Contemporani Aguilera Cerni de Vilafamés¹⁹⁴.• Fons Artístic de la Universitat Jaume I¹⁹⁵.• Fondos colección Martínez-Guerricabeitia-UV¹⁹⁶.• Exposiciones temporales: "Pop Art"¹⁹⁷, "Ximo Michavila. Materia Reservada"¹⁹⁸ y Wences Rambla. <i>Un itinerari plàstic per la senda de l'abstracció</i>¹⁹⁹.
----------------	--

Uno de los límites de la investigación en esta fase, radica en la utilización de cartelas como fuente de información, lo cual proporciona un considerable margen de error por lo que a las técnicas de ejecución se refiere²⁰⁰. Y más teniendo en cuenta que en obras contemporáneas, sin una entrevista al artista y un análisis de muestras, es imposible conocer la naturaleza de los materiales y técnicas empleadas. Cabe señalar que dicho estudio se realizó de 2005 a 2008, alcanzando un número de 200 obras de autores de reconocido prestigio.

¹⁹⁴ Calificado como "hecho insólito", fue un proyecto ideado por el ensayista, historiador y crítico de arte Vicente Aguilera Cerni. Inaugurado en el 70 y 72, con 150 obras, tras alcanzar un compromiso entre artistas, Ayuntamiento y Excm. Diputación de Castellón, en la actualidad cuenta con 32 salas con más de 500 obras de 400 artistas: Joan Miró, Canogar, José Sanleón, Juan Genovés, Modest Cuixart, Lucio Muñoz, Eduardo Úrculo, Emilio Vedova, Eusebio Sempere, etc. VV.AA. *Museu d'Art Contemporani de Vilafamés Vicente Aguilera Cerni*. Valencia: Generalitat Valenciana: 2001, p. 9. Cfr. MUSEO DE ARTE CONTEMPORÁNEO AGUILERA CERNI DE VILAFAMÉS. [En línea]. Generalitat Valenciana. <www.cult.gva.es/museovilafames>. [Consulta:21/02/07].

¹⁹⁵ El Fons de la Universitat Jaume I (en adelante UJI), nació a partir de 1991 paralelamente a la creación de la universidad, contando con más de 130 obras.

¹⁹⁶ Creado en el 89 por el empresario Jesús Martínez Guerricabeitia y la *Fundació General de la Universitat de València*, con la finalidad de fomentar y difundir la actividad creativa en el campo de las artes plásticas contemporáneas, incrementar el patrimonio artístico de la UV y gestionar la colección donada por Guerricabeitia. PMG. [En línea]. UV. <www.fguv.org/pmg> [Consulta:16/03/09].

¹⁹⁷ Obras: Warhol, Hamilton, Wesselmann, Úrculo, Equipo Crónica, Cillero, etc. Sala Bancaja San Miguel Castellón (29/11/06-21/01/07).

¹⁹⁸ Museo de Bellas Artes de Valencia (19/01/07-04/03/07). Equipo de restauración: I. Alonso González, A. Ramírez Angulo, A. Puchades Asensio y M^a T. Pastor Valls. Coordinación: J. Almirante Aznar y dirección: C. Pérez García.

¹⁹⁹ Museo de Belles Arts de Castelló (07/02/07- 01/04/07).

²⁰⁰ En la mayoría de ellas, resulta muy difícil encontrar técnicas más allá de: "técnica mixta", "óleo" y "acrílico".

No obstante, a lo largo de la tesis doctoral, se incluyen multitud de casos e imágenes procedentes de la experiencia obtenida como técnico en conservación y restauración de pintura actual en el Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales (IVC+R) y *freelance* para diversas instituciones y colecciones²⁰¹.



Fig. 34-35. Centre J. Pompidou e Istanbul Modern.

Además, durante estos últimos años se han realizado visitas a exposiciones permanentes y temporales en museos de arte contemporáneo nacional e internacionales (Fig. 34-35)²⁰².

2.1.2.2. Formulario de encuesta a restauradores:

Otra de las acciones realizadas, según los objetivos planteados, ha consistido en el intercambio de conocimientos con especialistas en conservación y restauración de arte contemporáneo, mediante la utilización de un formulario de consulta diseñado a tal fin (ver anexo)²⁰³. Este, planteaba el tema de la

²⁰¹ Restauración obras Carmen Calvo: De la serie "Recopilación", 1975, 150 x 190 cm., técnica mixta y "Paisaje" de 1976, 150 x 190 cm., técnica mixta; realizada por I. Alonso González y M^a T. Pastor Valls para Carmen Calvo y SEACEX (Sociedad Estatal para la Acción Cultural Exterior). O "Pedregal", Juan B. Porcar, 1946, óleo sobre lienzo, Muestra *Cercle de Belles Arts, València. Col.lecció artística* (09/05/07-10/06/07). Ver capítulos siguientes.

²⁰² MNCARS (Permanente y temporales: Chuck Close, *Pinturas 1968-2006* y Juan Soriano. *Aves de Paso*), Museo Thyssen Bornemisza y Fundación Caja Madrid (Permanente y temporales: *El Retrato en el Siglo de Picasso*); MACBA, Museu Picasso de Barcelona; Museu Dalí de Figueres; Museu Tàpies; Museu Miró; IVAM, *Institut Valencià d'Art Modern*; temporales en el Museo de Bellas Artes de Valencia; MUVIM (+-25 años de arte en España. *Creación en Libertad*); EACC, *Espai d'Art Contemporani de Castelló (Micropolítiques. Arte y Cotidianidad II, 1989-1980)*; Centro de Exposiciones Fundación Bancaja Castellón (*Cultura, Enigma y Sensualidad*, Pintura Federico Beltrán Masses (1885-1949), Fundación Caja Castellón, Obra Social Bancaja, 28/03/07 al 13/05/07); *Centre Jacques Pompidou*; Museo de Orsay; *Istanbul Modern*, etc.

²⁰³ Consta de 7 partes. 1^a parte: datos identificativos (Ley de Protección de Datos 15/1999). 2^a parte: cuestiones generales, idoneidad y avances del tema

estabilización de estratos pictóricos de forma conjunta (consolidación y adhesión), realizando tanto preguntas generales como puntuales, con respuestas múltiples preestablecidas y espacio para observaciones.

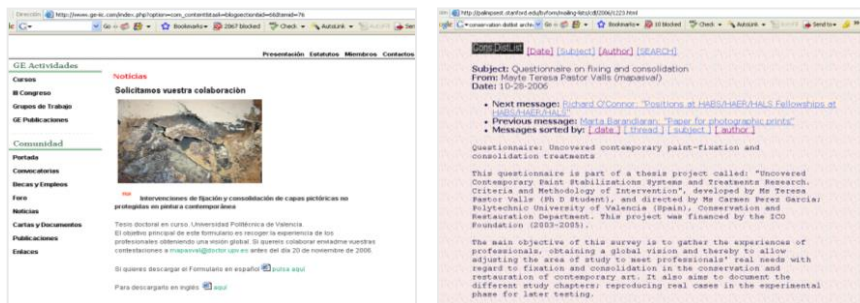


Fig. 36-37. Imágenes de la web del GEIIC y del Conservation DistList Archives.



Fig. 38. Imagen de la web del SCRC.

Dicho formulario fue enviado en 2005 por correo ordinario y email al máximo número de direcciones posible de centros nacionales e internacionales y especialistas con actividad en esta línea (ver C.11)²⁰⁴.

Por otra parte, se solicitó la colaboración del Grupo Español del IIC para alojarlo en la web y permitir

su descarga, presentándose así mismo, en la lista de correos internacional *Conservation DistList Archives*, en la que se requirió la participación de todas aquellas personas interesadas. El formulario fue albergado de forma definitiva

de investigación. 3^a parte: cuestiones sobre los materiales pictóricos, tipologías y causas de alteración. 4^a parte: materiales y técnicas de intervención. 5^a parte: análisis globales y puntuales, problemas generales. 6^a parte: criterios. 7^a: observaciones y sugerencias.

²⁰⁴ Los formularios comenzaron a enviarse por correo ordinario en abril de 2005, incluyendo una carta de presentación del proyecto, un cuestionario impreso y un sobre con sello para facilitar la respuesta. Paralelamente, se mandaron vía email a diversos centros expositivos y fundaciones, a fin de conocer la existencia de áreas de conservación restauración. Durante 2006 y 2008 los envíos se realizaron a través del correo electrónico.

en la web Servicio de Conservación Restauración de Bienes Culturales de la Excma. Diputación de Castellón (Fig. 36-38).

El resultado, aunque no llegó a alcanzar las expectativas planteadas debido al gran número de envíos realizados, fue muy positivo contando con la participación y apoyo de profesionales e instituciones nacionales e internacionales de reconocido prestigio²⁰⁵. En total y hasta 2009, se recibieron 27 formularios con representación de 9 países (España, Alemania, Bélgica, Francia, Noruega, Brasil, EE.UU., Australia y Filipinas)²⁰⁶.

²⁰⁵ El procedimiento de envío seleccionado, como ha ocurrido ya en otras iniciativas similares suele tener una participación baja por lo impersonal del método. Sin embargo, hay que insistir en la buena acogida que hemos tenido, recibiendo además de la información solicitada, numerosas palabras de ánimo y apoyo a la investigación.

²⁰⁶ **Isabel Alonso González** (Restauradora pintura IVC+R), **Patricia Álvarez Zamora** (becaria restauración de pintura MNCARS 2007), **Lidia Balust i Claverol** (*Escola Superior Conservació i Restauració de Béns Culturals de Catalunya*), **Teodora Carneiro** (*Conservator Pinacoteca do Estado de Sao Paulo, Brasil*), **Michelle Facici** (*Paper Conservator National Gallery of Art, Washington D.C.*), **Elena García Gayo** (Restauradora Pintura *Servicio Conservación Restauración Diputación Ciudad Real*), **Cushla Hill** (Paintings Conservation, Senior Conservator/Lecturer *University of Melbourne, Australia*), **Cecilia Illa Malvehy** (Responsable de Conservación Restauración de las colecciones de Arte de la *Fundació "LaCaixa"*), **Reyes Jiménez de Garnica** (Responsable del Departamento de Restauración del *Museu Picasso de Barcelona*), **Rafael E. "Jun" Concepcion** (*Artist/Art Conservator/Associate Faculty 3 University of Manila, Philippines*), **Nicolas Lemmens-Sterckx** (*Lemmens Art Conservation Brussels*), **M^a Thais López Morán** (Jefa Departamento Restauración *Centro Galego de Arte Contemporànea*), **Mónica Marull Horiuez** (Restauradora *Fundació Antoni Tàpies*), Dr. **Marion F. Mecklenburg** (*Senior research scientist Smithsonian Institution*), **Silvia Noguier** (Dra. Departamento Conservación Restauración *Museu d'Art Contemporani de Barcelona, MACBA*), **Andrea Pataki** (Head of Conservation Lab *State Academy of Art and Design Stuttgart, Germany*), **César del Pino Díaz** (Dr. *Escuela de Restauración BBCC Fundación Cristóbal Gabarrón, Valladolid*), **Alfonso Puchades Asensio** (conservador restaurador), **Viqui Quiroga Alamá** (restauradora pintura IVC+R), **Alina Remba** (restauradora pintura contemporánea *San Francisco Museum of Modern Art*), **Lourdes Rico Martínez** (conservadora restauradora), **José Carlos Roldán Saborido** (restaurador *Centro Andaluz de Arte Contemporáneo*), **Xavier Rosell** (Departamento Conservación Restauración *Museu d'Art Contemporani de Barcelona, MACBA*), **Francoise Rosier** (*Painting Conservator Royal Institute for Heritage Belgium/KIK-IRPA*), **Juan Antonio Sánchez Pérez** (restaurador pintura MNCARS), **Ida Antonia Tank Bronken** (*Paintings Conservator Oslo Kommune kultur og idrett and Henie Onstad Art Centre/University of Oslo*);

Otras acciones realizadas han consistido en el intercambio de información a través de Internet, mediante el contacto con empresas y especialistas²⁰⁷. Así como en la asistencia y participación en jornadas, seminarios y congresos, y publicación de artículos en revistas técnicas²⁰⁸.

2.2. FASE EXPERIMENTAL:

Esta fase ha estado precedida por un análisis de los datos obtenidos en la fase teórica y el estudio de campo respectivamente, la cual se ha llevado a cabo en las instalaciones y laboratorios del Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales (IVC+R), Departamento de Química Inorgánica y Orgánica de la Universitat Jaume I (UJI) e Instituto de Tecnología Cerámica (ITC).

Esta se inicia con el estudio del comportamiento físico (color y brillo), químico (pH de contacto) y mecánico (carga-deformación) frente al envejecimiento acelerado de 16 polímeros naturales y sintéticos, cuya actual utilización en intervenciones de estabilización de pintura contemporánea en el ámbito nacional e internacional ha sido referenciada en las fuentes consultadas. Si bien, aunque no están todos los existentes, se han escogido los más comunes o los más específicos en este tipo de intervenciones.

Como señalamos, algunos de ellos se vienen utilizando desde los años 60 y otros han sido desarrollados e introducidos recientemente (ver Tabla 4).

Munch Museum), **Cathy Vieillescazes** (profesora y jefe Dpto. de Química Aplicada al arte y arqueología *Univerité d'Avignon et des Pays de Vaucluse*).

²⁰⁷ En el ámbito de la conservación restauración y aún más si cabe en el de esta investigación, se hace indispensable un enfoque multidisciplinar.

²⁰⁸ "8^a Jornada de Conservación de Arte Contemporáneo". MNCARS-GEIIC. Madrid febrero 2007; "XVI Congreso Internacional de Conservación y Restauración de Bienes Culturales- 16th International Meeting on Heritage Conservation". UPV Valencia, noviembre 2006; XII Congresso da ABRACOR. Fortaleza (Brasil), agosto 2006; *Modern Paints Uncovered Symposium*. Tate, Getty Conservation Institute & National Gallery. Mayo 2006; "Reunión Anual del Grupo Español del IIC de Arte Contemporáneo". MNCARS-IIC. Madrid. 13 y 14 de febrero de 2004, etc.

Tabla. 4. Esquema general del planteamiento de la fase experimental.

Fase experimental	<ul style="list-style-type: none"> • Acotar objeto de estudio. • Búsqueda de técnicas y metodologías de análisis físico, óptico y mecánico. • Puesta a punto del método. • Diseño de pruebas y elaboración de probetas. • Realización de pruebas. • Análisis y discusión de los resultados. • Elaboración de tablas y gráficos. • Extracción de conclusiones.
------------------------------	---

Simulando condiciones no controladas en interiores (exposición y reserva), se diseñaron dos tipos de envejecimiento, uno termohigrométrico, que hemos denominado Tipo A y otro combinado: termohigrométrico y fotooxidativo, denominado Tipo B. Las películas secas formadas con estos productos fueron testadas antes y después de ser envejecidas durante 360 h (Tabla 5).

Tras definir las características que debían reunir las capas pictóricas y los soportes de las distintas obras contemporáneas utilizadas como modelo, se procedió a realización de las probetas sobre los que ensayar los tres consolidantes y adhesivos seleccionados según los resultados anteriormente obtenidos, buscando la compatibilidad óptica y mecánica con los materiales constitutivos de estas²⁰⁹. Así, fue seleccionada la pintura vinílica, un tipo de técnica muy empleada debido a su versatilidad, rapidez de secado y bajo coste, en la que hallamos ambos tipos de alteraciones: pulverulencia en el caso de pigmentos mezclados con aglutinante vinílico industrial y levantamientos en el caso de obras ejecutadas con pinturas comerciales ya preparadas. Al respecto, cabe señalar que aunque existen productos para bellas artes formulados con dicho aglutinante, en España muchos artistas han empleado las gamas destinadas a manualidades o uso preescolar, cuya calidad es presumiblemente menor. Esto se debe a la reciente introducción en el mercado de las primeras y a la economía del uso de las segundas (ver Tabla 5).

El estudio ha simulado la aparición de pulverulencia en estratos con alto PVC realizados con un medio vinílico industrial y pigmento, y la falta de adhesión en una pintura vinílica de tipo comercial con bajo PVC. Sobre soporte textil de

²⁰⁹ Aspecto mate, brillante o satinado procedente de los elementos constitutivos o del proceso de ejecución, pero no a causa de la existencia de un estrato final.

algodón, se han ensayado dos pigmentos para la pulverulencia (blanco de titanio y azul ultramar) y uno para la adhesión (blanco de titanio).

Tabla. 5. Esquema materiales y métodos de análisis utilizados.

Tipo	Materiales y métodos	
Estudio del comportamiento y estabilidad óptica, química y mecánica de <i>films</i> de polímeros frente al envejecimiento acelerado	Envejecimiento acelerado	Cámara climática <i>Climacell Komfort-line</i> ®.
	Espectros reflectancia difusa	Espectrofotómetro UV-VIS <i>Jasco</i> ® V-670 de doble haz.
	Medida del brillo	Brillómetro con geometría 20°, 60° y 85° <i>Elcometer</i> ® 407 <i>Statistical Glossmeter</i>
	pH en superficie	pH-metro de contacto <i>Hanna</i> ® HI 99171, electrodo plano HI 1414D.
	Comportamiento mecánico	Torre <i>INSTRON</i> ® 3345.
	Medida del grosor	Micrómetro con cuadrante de 19 mm.
	Peso	Báscula de precisión BEL®.
Aplicación y evaluación de los polímeros seleccionados como consolidantes pintura vinílica	Envejecimiento acelerado	Cámara de ensayos climáticos WEISS® WK3 180/40
	Medida del color	Espectrofotómetro <i>Konica Minolta</i> ® CM-700d.
	Medida del brillo	Brillómetro con geometría 20°, 60° y 85° <i>Elcometer</i> ® 407 <i>Statistical Glossmeter</i>
	pH en superficie	pH-metro de contacto <i>Hanna</i> ® HI 99171 con electrodo plano HI 1414D.
	Peso	Báscula de precisión BEL®.
	Medida cohesión	Rampa de pelado a 90° <i>INSTRON</i> ® 2820 035,
Aplicación y evaluación de los polímeros seleccionados como adhesivos pintura vinílica	Envejecimiento acelerado	Cámara de ensayos climáticos WEISS® WK3 180/40
	Medida del color	Espectrofotómetro <i>Konica Minolta</i> ® CM-700d.
	Medida del brillo	Brillómetro con geometría 20°, 60° y 85° <i>Elcometer</i> ® 407 <i>Statistical Glossmeter</i>
	pH en superficie	pH-metro de contacto <i>Hanna</i> ® HI 99171 con electrodo plano HI 1414D.
	Peso	Báscula de precisión BEL®.
	Medida adhesión	Tracción: torre <i>INSTRON</i> ® 3345, base circular y dispositivo <i>Elcometer</i> ® Adhesion Tester.

Tras la aplicación de los consolidantes por nebulización y de los adhesivos mediante pincel, se evaluaron las intervenciones determinando los cambios ópticos sufridos (color y brillo), junto a la adhesión y cohesión obtenidas antes y después de ambos tipos de envejecimiento a través de diversas pruebas de resistencia. La Tabla 5 incluye un esquema con los ensayos realizados según la normativa internacional vigente y su adaptación al ámbito de la conservación restauración de bienes culturales²¹⁰.

²¹⁰ Ver Capítulo 8 para la descripción detallada de cada prueba.



**3. INTRODUCCIÓN A LOS MATERIALES, TÉCNICAS
Y ACABADOS EN PINTURA CONTEMPORÁNEA**

3. INTRODUCCIÓN A LOS MATERIALES, TÉCNICAS Y ACABADOS EN PINTURA CONTEMPORÁNEA

El presente capítulo pretende situar el tema de investigación en el contexto de su creación, realizando una pequeña pero indispensable introducción acerca de los materiales, técnicas y acabados empleados en pintura contemporánea, la cual consideramos contribuirá a la mejor comprensión de las tipologías y principales causas de su alteración en general. Y en particular, respecto a los problemas de adhesión y cohesión de estratos pictóricos, cuyo tratamiento corresponde al tema principal de esta investigación.

3.1. MATERIALES Y TÉCNICAS:

Los materiales y técnicas empleadas en pintura actual son tan numerosas y diversas como el volumen de obras, artistas y eventos expositivos. Cualquier formato, cualquier material, cualquier producto, pueden combinarse en una doble dimensión concepto-materia según la intencionalidad del artista, lo cual no solo convierte en una compleja tarea el reconocimiento e identificación de los materiales, sino también la determinación de las causas y factores de alteración, junto con el diseño y aplicación de los tratamientos de conservación y restauración²¹¹.

Tanto es así que la clasificación canónica y los términos que los restauradores normalmente empleamos a la hora de realizar un examen organoléptico y diagnóstico parecen obsoletos, y la nomenclatura deja de responder. ¿Dónde termina la pintura y comienza la escultura? Las obras pierden su clasificación tradicional y se combinan sobrepasando los planos de lo bidimensional hacia lo tridimensional como las llamadas "pintura-

²¹¹BUSTINDUY FERNÁNDEZ, M^a P. "Validación de los métodos de exámenes físicos para el estudio de la obra de arte contemporáneo". *Actas I Congreso Conservación del Patrimonio: Evolución y Nuevas Perspectivas*. Valencia: GEIIC, 2002, pp. 455-461. GARCÍA GÓMEZ-TEJEDOR, J. "Sentado de color en una obra mate". Boletín de Información Productos de Conservación S.A. Octubre, N^o 41. Madrid: Productos de Conservación S.A., 1999, p. 3.

objeto”²¹². Del mismo modo, los estratos se combinan y alternan de forma que al aplicar la organización clásica, su identificación es confusa. Por tanto, no es extraño hallar obras en las que un mismo material funciona como soporte y estrato de color al mismo tiempo, y la capa pictórica es mucho más que pintura (Fig. 39).



Fig. 39. Detalle: Rafael Canogar, *Composición*, 1972, resina, pintura acrílica y carboncillo sobre madera entelada⁷, 81 x 100 cm. Patronato Martínez Guericabeitia-UV.

Los cambios señalados y la pérdida de las tradiciones ancestrales a las que aludimos, comenzaron a gestarse en la 2^a mitad del siglo XVIII y principios del XIX, coincidiendo con la Revolución Industrial, como resultado del crecimiento y desarrollo acontecido cien años antes.

Surgida en primer lugar en Inglaterra y posteriormente en Europa continental y Estados Unidos, marcó el mayor conjunto de transformaciones socioeconómicas, tecnológicas y culturales de la Historia de la humanidad desde el Neolítico, según los especialistas, con el desarrollo de la industria, predominio de la burguesía,

surgimiento de la clase obrera y la aparición del capitalismo²¹³. Los cambios sociales, políticos, económicos y culturales producidos, transmutarían todos los aspectos de la vida y por tanto de la producción artística. El trabajo artesano fue reemplazado por la industria y la manufactura, se produce la mecanización de las industrias textiles y el desarrollo de la industria del

²¹² ILLA MALVEHY, C. "El embalaje y el transporte del arte contemporáneo". *Actas IX Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. Sevilla: CCRBC, 1992, pp. 747-751.

²¹³ ALVEAR ACEVEDO, C. *El mundo Contemporáneo*. México: Jus, 1997, pp. 42-44. VV.AA. *Historia del Mundo Contemporáneo*. Madrid: Mc Graw Hill, 2000, pp. 20-31.

hierro, el incremento de la productividad y la reducción de costes, así como la expansión del comercio (ferrocarril), etc²¹⁴. Lo anteriormente señalado favorece la introducción en el mercado de los nuevos pigmentos de síntesis y de las telas industriales, que pronto comenzaron a emplear los pintores impresionistas²¹⁵.

En el ámbito artístico, este proceso tomó forma definitivamente con la experimentación de los antecedentes y primeras Vanguardias de finales del XIX y principios del XX, en el contexto de la denominada Segunda Revolución Industrial (1870-1914)²¹⁶. Revolución en la que se produce el crecimiento de la industria química, siderúrgica (acero), eléctrica y petrolífera, unida a la producción en masa y al desarrollo de los bienes de consumo²¹⁷, finalizando con el estallido de la Primera Guerra Mundial (1914-1918), a partir de la cual sobreviene un período de entreguerras con grandes problemas políticos y sociales, la crisis económica de 1919-1939, el ascenso del fascismo entre otros, y la Guerra Civil Española (1936-1939), en el contexto nacional, etc²¹⁸.

Sin entrar a detallar las particularidades y diferencias de cada movimiento artístico, señalar que las Primeras Vanguardias (1900-1940): Abstracción Lírica, Cubismo, Dadaísmo, Expresionismo, Fauvismo, Futurismo, *De Stijl*, Surrealismo, etc.²¹⁹, propiciaron el completo abandono de los medios

²¹⁴ *Ibidem*.

²¹⁵ PUGLIESE, M. *Tecnica mista. Materiali e procedimenti nell'arte del XX secolo*. Milán: Bruno Mondadori, 2006, pp. 7-12.

²¹⁶ LUCIE-SMITH, E. *Artes Visuales en el siglo XX*. Colonia: Könemann, 2000. RAMBLA ZARAGOZÁ, W. *Una Aproximación a la Teoría de l'Art Contemporani*. Castellón: UJI, 1996.

²¹⁷ 1876 teléfono A. Meucci, 1886 automóvil con motor de explosión K. Benz, 1919 caucho sintético Hofmann, 1919 película sonora Vogt/Engl/Masolle, 1927 enlace telefónico transoceánico Marconi, 1928 magnetófono Pflueger, 1929 televisión y cine Karvlus/Telefunken, 1935 emisora de ondas ultracortas Witzleben, 1938 Perlon y nylon Schlack/Carothers, etc., etc. KINDER, H., HILGEMANN, W. *Atlas Histórico Mundial II. De la Revolución Francesa a nuestros días*. Madrid: Istmo, 1992, p. 201.

²¹⁸ ALVEAR ACEVEDO, C. *Op. Cit.*, pp. 42-44. KINDER, H., HILGEMANN, W. *Op. Cit.*, pp. 111-219. PÁEZ-CAMINO, F. *Democracias y dictaduras en los años treinta*. Madrid: Síntesis, 1992.

²¹⁹ CHIANTORE, O., RAVA, A. *Conservare l'arte contemporanea. Problemi, metodi, materiali, ricerche*. Milán: Electa, 2005, pp. 198-207. PUGLIESE, M. *Op.*

tradicionales, la superación del academicismo y la renovación del lenguaje artístico. A partir de estas, comienzan a introducirse materiales y objetos tanto de uso cotidiano como no común, se crean técnicas como el *collage*, los ensamblajes, el fotomontaje, los *ready-made*, el uso de materiales blandos o indeterminados, la introducción del movimiento a las obras, y el inicio de la compenetración de los objetos con el espacio circundante, lo cual supuso una ruptura definitiva con la pintura tradicional.

Tal y como señala Marina Pugliese, las principales motivaciones que propiciaron esta evolución fueron múltiples. Entre ellas destacan factores sociopolíticos, prosaicos como el bajo coste de los materiales, la experimentación y creación de nuevas soluciones formales y técnicas, así como el desarrollo teórico²²⁰. Al respecto, señalar la publicación de ensayos, proclamas y manifiestos, mediante los que se realizan declaraciones públicas y reivindicativas de las ideas de un grupo de artistas o de un nuevo movimiento: 1909, *La fundación y el manifiesto del futurismo*, Filippo Tommaso Marinetti (1876-1944); 1910, *Primer manifiesto de la pintura futurista y Manifiesto técnico*, Umberto Boccioni (1882-1916); 1917, *Manifiesto Neoplasticista*, Piet Mondrian; 1918, *Primer Manifiesto Dadá*, Tristan Tzara; 1920, *El suprematismo o el mundo de la no representación*; 1920, *Manifiesto Realista*, Naum Gabo y Pevsner; 1921, *Tres llamadas a los artistas plásticos en América*, David Alfaro Siqueiros; 1922, *Manifiesto de la Internacional Constructivista*; 1924, *Manifiesto del Surrealismo*, Breton; 1934, *Al di là della pittura verso i polimaterici*, E. Prampolini; 1947, *Manifiesto del Movimento Spaziale*, Lucio Fontana, entre otros²²¹.

A los anteriores movimientos, suceden las Segundas Vanguardias y otras corrientes artísticas (1940-1970), enmarcadas en un convulso y complejo siglo XX en el que transcurren distintas etapas de crisis, conflictos, resurgimientos económicos y períodos de entreguerras: Segunda Guerra Mundial (1939-1945), bombardeos de Hiroshima y Nagasaki (1945), Guerra

Cit., pp. 7-68. LUCIE-SMITH, E. *Op. Cit.*, pp. 51-167. DE MICHELI, M. *Las vanguardias artísticas del s. XX*. Madrid: Alianza Forma, 1994, pp. 229-258.

²²⁰ *Ibid.*, pp. 7-68. RUIZ DE ARCAUTE, E. "Materiales y técnicas en el arte contemporáneo". *Conservació i restauració d'art contemporani. Seminari organitzat per l'Especialitat de Restauració del Departament de Pintura*. Barcelona: Universitat de Barcelona, 1993, p. 12.

²²¹ *Ibidem*. DE MICHELI, M. *Op. cit.*, pp. 229-258. LUCIE-SMITH, E. *Op. cit.*, pp. 93-167. MONTORSI, P. "Materiali industriali/Materiali neoantichi: Boccioni, Severini, De Chirico". *Kermes*. Vol. 1. Roma: Nardini Editore, 1988, pp. 8-14.

de Vietnam (1958-1975), crisis del capitalismo a partir de 1960, la denominada "Tercera Revolución Industrial", Guerra Fría entre la URSS y EE.UU. (1945-1989), etc.²²². Corresponden a este período movimientos artísticos como la Abstracción Postpictórica, *Art Brut*, Pintura Conceptual, Espacialismo, Expresionismo Abstracto, Figuración Narrativa, Hiperrealismo, Informalismo, Minimalismo, Neofiguración, Nuevo Realismo, Op-Art, Pintura Matérica, Pop-Art y Neodadaísmo, Realismo Figurativo, etc., de los cuales, enfatizaremos el uso innovador y experimental tanto de las técnicas tradicionales como de los nuevos soportes y medios pictóricos, el desarrollo de nuevos sistemas de aplicación, el enriquecimiento de la materia y desarrollo de las obras cinéticas, o la introducción de materiales plásticos, percederos y eléctricos²²³.

A partir de los años 70, con la denominada etapa de la Postmodernidad artística, se suceden tendencias como el Anacronismo, Figuración Graffiti, Neoexpresionismo, Neo-geo, Neo-pop, Nueva Imagen, Transvanguardia, etc.²²⁴, en el contexto de acontecimientos tan dispares como el estallido de la Guerra Indopakistaní y la obtención del derecho de voto femenino en Suiza (1971), el ingreso de Gran Bretaña en la CEE y la Guerra del Yom Kippur (1973), las primeras elecciones democráticas en España (1977), la crisis de las Malvinas (1982), final de la Guerra Fría y caída del Muro de Berlín (1989), primeras elecciones democráticas en Sudáfrica (1994), etc. Movimientos artísticos que introdujeron y desarrollaron el uso del vídeo como medio lingüístico experimental (1960-70), la introducción de materiales de nueva creación no empleados con anterioridad (ej. resinas de poliéster, fibra de vidrio, poliestireno expandido), el resurgimiento de la artesanía, la expansión de los medios electrónicos y digitales, el desarrollo de las instalaciones, *performance* y *environments*, etc., así como un predominio del eclecticismo, la colaboración entre artistas y la rapidez de cambio entre lenguajes²²⁵.

²²² KINDER, H., HILGEMANN, W. *Op. cit.*, pp. 221-245.

²²³ PUGLIESE, M. *Op. cit.*, p. 39. LUCIE-SMITH, E. *Op. cit.*, p. 93. BUSTINDUY, P. "La presencia de alimentos en obras de arte. Problemas para su conservación". *VI Reunión del Grupo de Arte Contemporáneo del GEIIC*. Madrid: MNCARS-GEIIC, pp. 95-100.

²²⁴ *Ibid.*, p. 294-295, 305-329.

²²⁵ RAMBLA ZARAGOZÁ, W. *Op. cit.* 14-75. PUGLIESE, M. *Op. cit.*, pp. 8-69. LUCIE-SMITH, E. *Op. cit.*, pp. 297-384. RUIZ DE ARCAUTE, E. *Op. cit.*, p. 15.

Como resultado a todo lo anteriormente expuesto, tal como veremos a continuación siguiendo un esquema básico de estratos, en pintura actual se mezclan las técnicas y materiales más tradicionales con los más innovadores y experimentales en busca de nuevas formas de expresión²²⁶.

Materiales industriales, entre los que destacan los nuevos aglutinantes pictóricos, los colorantes y pigmentos de síntesis, soportes (maderas postformadas, resinas, metales), y otros muchos elementos ajenos al campo del arte (plásticos, arena, papel de periódico, cemento, cuerdas, componentes eléctricos, lumínicos, monitores de vídeo, objetos encontrados, materiales de deshecho, productos perecederos, etc.), unidos al desarrollo de nuevas técnicas y sistemas de aplicación (ej. chorreados, aerosoles, el cuerpo humano, la velocidad). Del mismo modo, la degradación puede convertirse en un recurso creativo más, la caducidad de los materiales empleados en una finalidad²²⁷, y la doble concepción concepto-materia de las obras en realidad²²⁸.

3.1.1. Soportes:

En pintura contemporánea pueden encontrarse diferentes soportes o materiales base, incluyendo de los más tradicionales a los propiamente industriales, los cuales pueden ser tanto nuevos como reciclados o reutilizados. De igual modo, el material empleado puede funcionar como un

²²⁶ CIVIL, I., MICHALSKI, S., MURRAY, A. "Cracking the "matter paintings" of Antoni Tàpies: the role of artistic intent, deterioration and underlying mechanical causes". *Preprints 13th Triennial Meeting, Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: ICOM Committee for Conservation, 2002, pp. 407-413.

²²⁷ HEINZ, A. "Los cuadros "rápidos" de los Nuevos Salvajes", *Restauración de pintura contemporánea*, Madrid: Ed. Akal-Istmo, 2003, p. 129. PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C. "Pintura Contemporánea: una aproximación hacia los materiales, alteraciones y principales causas". *Unicum*, N^o 6, mayo. Barcelona: Unicum, 2007. SCHINZEL, H. "Restauración e investigación. Un intento de esquematización". *Restauración de pintura contemporánea*. Madrid: Akal, Istmo, 2003, p. 19. BERGER, G. "More unconventional treatments for unconventional art". *Studies in Conservation*. N^o 35, febrero. London: IIC, 1990, pp. 1-14.

²²⁸ Al respecto, cabe matizar que existieron movimientos que otorgaron o dieron prioridad a un aspecto sobre otro. Por ejemplo, Duchamp confirió una mayor importancia a lo conceptual que a lo material, o viceversa, como en la pintura automática. PUGLIESE, M. *Op. cit.*, pp. 8-68.

soporte convencional, actuar como un todo trasladando sus particularidades estéticas a la capa de color y estar constituido por varios elementos.

3.1.1.1. Textiles:

En el XIX gracias a los cambios producidos en la industria y a la mecanización de los telares, aparecen en el mercado las primeras telas para pintar. Estas se suministran tanto en rollos (preparadas o no), como montadas en bastidores con distintas tipologías de encaje dependiendo del país. A su vez, los lienzos se comercializan en tres formatos (retrato, paisaje y marina), así como con distintas medidas y calidades, según apuntan los catálogos de la época.

La fibra más empleada en el XIX fue el lino, reservando el cáñamo y el yute para grandes formatos. Respecto al algodón, decir que originariamente se utilizó en obras de pequeño tamaño, si bien su uso será mayoritario a medida que finalice el siglo XX y comience el XXI. Así mismo, se producen telas con mezclas de fibras y diversos grosores, con un predominio del ligamento tipo tafetán²²⁹. Actualmente, las fibras más comunes son el lino considerado de gama alta, el algodón de calidad media y el lino-poliéster y lino-algodón de calidad inferior.



Fig. 40. Rosemarie Trockel. Detalle lienzo realizado con punto de lana.

Uno de los artistas más conocidos por el uso de telas de algodón comercial fue Jackson Pollock, el cual pintaba las obras sin tensar, cortándolas al finalizar la aplicación de color según el tamaño deseado²³⁰. Además, hallamos otros muchos tipos de fibras naturales como el burlap, la lana y

²²⁹ PEDRAGOSA GARCÍA, N. "Inicis de la fabricació i el comerç dels suports de tela". *Unicum*. Nº 7, Mayo. Barcelona: ACARC, 2008, pp. 110-114. CALVO MANUEL, A. *Conservación y restauración de pintura sobre lienzo*. Barcelona: Ed. del Serbal, 2002, pp. 322-326.

²³⁰ PUGLIESE, M. *Op. cit.*, pp. 34-35.

la seda, así como sintéticas: viscosa, rayón, poliéster o fibra de vidrio.

Por ejemplo, Andy Warhol (1928-1987) empleaba seda para realizar serigrafías que a la vez montaba sobre otros soportes, como en la obra *Gold Marilyn Monroe* de 1962. Fibra proteica que hallamos también como base de la técnica batik y que es empleada actualmente por algunos artistas. En este sentido, destacar también los cuadros de Rosemarie Trockel (1952) realizados con punto de lana (Fig. 40)²³¹.

A las anteriores, cabe añadir las telas recicladas procedentes de otros usos (sábanas, sacos, toallas, mantas, telas de sastre, toldos impresos, lienzos antiguos, etc.), las cuales son adaptadas por los artistas gracias al papel otorgado a su acabado, rugosidad o diseño impreso, etc. Textiles cuya utilización se ha documentado en autores de la talla de Alberto Burri (1915-1995) con telas bastas llenas de laceraciones, Manolo Millares (1922-1976) con las arpilleras o Miró (1926-1972) con la adaptación de bayetas de algodón o cuadros adquiridos en anticuarios²³².

Referenciar también el uso de las telas dobles, los soportes modificados en los que la tela tiene una relevancia plástica (texturas, luces y sombras), usadas por Burri (1915-1995) o Enrico Castellani (1930), o las lonetas montadas sobre contrachapado de Rafael Canogar (1935) o Carmen Calvo (1950), etc.

Respecto a los formatos, señalar que la expansión de las dimensiones de las obras fue llevada a cabo inéditamente por los expresionistas abstractos, entre los que destaca Pollock (1912-1956), sin olvidar el precedente de Monet (1840-1926) con las pinturas de la *Orangerie*²³³, los lienzos de formas

²³¹ CALVO MANUEL, A. *Op. cit.* p. pp. 322-326.

²³² SEDANO ESPÍN, P. "Ejemplos prácticos sobre criterios y actuaciones de conservación-restauración en arte contemporáneo". *Conservació i restauració d'art contemporani: seminari organitzat per l'Especialitat de Restauració del Departament de Pintura*. Barcelona: Universitat de Barcelona, 1993, p. 30. PUGLIESE, M. *Op. Cit.*, 38. RAILLARD, G. *Conversaciones con Miró*. Barcelona: Gedisa, 1993. FERNÁNDEZ-VILLA, S., JUNCOSA DARDER, E. "Materiales y técnicas pictóricas de Joan Miró. Problemática de conservación". *VII Reunión de Arte Contemporáneo GEIIC*. Madrid: MNCARS-GEIIC, 2006, p. 17.

²³³ Cfr. MOMA, Conservation, Unveiling Monet. New York: The Museum of Modern Art, 2004. [En línea]. <www.moma.org>. [Consulta: 27/02/05].

geométricas y los *shaped canvas* de Frank Stella (1936), o los lienzos giratorios de Damien Hirsch (1965), etc.²³⁴.

3.1.1.2. Lígneos:



Fig. 41. Detalle: A. Cillero, *Huevo sobre negro*, 1972, resina de poliéster, pintura y contrachapado. MACV.

El uso de los soportes realizados en madera del modo tradicional ha dejado paso paulatinamente a la utilización de maderas de fabricación industrial, también conocidas como postformados. Esto es, a los tableros de contrachapado, aglomerado y conglomerado principalmente, los cuales conforman obras de distintos grosores, elementos y tipos de unión (Fig. 41)²³⁵.

Los podemos encontrar en obras de artistas de diferentes movimientos y estilos como Jean Dubuffet (1901-1985), Frida Kahlo (1907-1954) empleando masonita como soporte (tablero de fibras prensadas sin adhesivo) en la obra de 1940 *Autorretrato con collar de espinas y*

colibrí, al igual que James Rosenquist (1933) o Miró (1893-1983) quién empleó táblex y aprovechó la estética de los contrachapados en sus capas pictóricas²³⁶, Yves Klein (1928-1962) con los aglomerados o Alberto Burri (1915-1995) mediante el uso experimental del Cellotex® en los 80 (soporte de cola y polvo de serrín), etc.²³⁷.

²³⁴ Cfr. FERNÁNDEZ-VILLA, S., JUNCOSA DARDER, E. *Op. cit.*, p. 16. PASTOR VALLS, M^a T., GONZÁLEZ ALONSO, I. "Sistemas de limpieza aplicados a dos obras de Carmen Calvo realizadas en los 70" *Unicum*. Nº 9. Barcelona: Unicum, 2009, pp. 110-117.

²³⁵ DAY, D., JACKSON, A. *Herramientas. Guías CEAC de la Madera*. Barcelona: CEAC, 199, pp.107-114.

²³⁶ PUGLIESE, M. *Op. cit.*, p. 37.

²³⁷ *Ibid.*, p. 38. FERNÁNDEZ-VILLA, S., JUNCOSA DARDER, E. *Op. cit.*, p. 17. Museo Thyssen-Bornemisza. [En línea]. © 2009 Museo Thyssen-Bornemisza <www.museothyssen.org> [Consulta: 23/02/10]. Fundació Miró [En línea]. © Fundació Miró 2008. <www.fundaciomiro-bcn.org>. [Consulta: 23/02/10]. Museo

3.1.1.3. Otros materiales:



Fig. 42. Detalle
acero mate y brillo.
Anzo, *Aislamiento*
M73 A, 1973,
pintura sobre acero.
Patronato Martínez
Guerricabeitia-UV.

Materiales metálicos, vítreos, plásticos, cerámicos y pétreos, se unen al cemento y fibrocemento como soportes en pintura actual. Ya Marcel Duchamp (1887-1968), ironizando sobre los aspectos ejecutivos y en su lucha por liberar al artista de la producción, realizó pinturas sobre vidrio emplazándolas perpendicularmente a la pared. Material también empleado por Pollock (1912-1956) y más recientemente por Pierre Huyghe (1962) en forma de laminado compuesto por dos vidrios o Priva-Lite[®]²³⁸. También hay que comentar el uso de planchas de poliestireno expandido por Jean Dufuffet (1901-1985) en 1966 en el ciclo *Hourlope*, la aplicación de este material y de otros tantos como el papel de lija, cartón, papel de embalaje por Miró (1893-1983), así como la aplicación experimental de planchas litográficas de acero chorreadas con arena por el valenciano Anzo (1931-2006) en algunos de sus *aislamientos* (Fig. 42)²³⁹.

3.1.2. Estratos intermedios:

En pintura tradicional, generalmente encontramos una o varias capas intermedias entre el soporte y la pintura. En pintura actual, los encolados y estratos preparatorios, pueden o no existir, incluso presentarse de forma heterogénea. Es sabido que a partir del XIX, algunos artistas comenzaron a pintar sobre los soportes sin aplicar preparaciones, empleando únicamente un leve encolado. Técnica que siguieron los expresionistas abstractos como Pollock (1912-1956) que aplicaba dos manos de cola sobre la tela y Rothko (1903-1970), autor que utilizaba cola de conejo muy líquida con adición de pigmento²⁴⁰.

Guggenheim Bilbao. [En línea]. © FMGB Guggenheim Bilbao Museoa, 2010. <www.guggenheim-bilbao.es>. [Consulta: 23/02/10].

²³⁸ PUGLIESE, M. *Op. cit.*, pp. 29, 61.

²³⁹ *Ibid.*, p. 37. FERNÁNDEZ-VILLA, S., JUNCOSA DARDER, E. *Op. cit.*, p. 17. VV.AA. *Memòria d'Anzo*. Valencia: Fundació General de la Universitat de València, 2009. <www.dubuffetfondation.com>. Paris. [Consulta: 23/02/10].

²⁴⁰ *Ibid.*, pp. 34-35. CALVO MANUEL, A. *Op. cit.*, pp. 326-327.



Fig. 43. Pintura vinílica sobre loneta sin preparar. 1984. U. Alemany/V. Peris.

Al mismo tiempo, coexisten las capas de preparación clásicas realizadas con técnicas y materiales tradicionales de cola orgánica y cargas, con productos sintéticos como las bases vinílicas, acrílicas y alquídicas. Respecto a estas últimas debemos considerar aquellas que industrialmente se aplican a los lienzos comerciales y que el artista no suele modificar²⁴¹, así como aquellas que prepara según su propia fórmula como estrato anterior al pictórico (bases blancas industriales aplicadas directamente: Titanlux®, La Pajarita®, o las preparadas con látex vinílico más cargas: carbonato cálcico, blanco de zinc, titanio) (Fig. 43).

Se incluyen otros productos con funciones como las de otorgar volumen a la capa pictórica. Elementos que posteriormente suelen cubrirse con otros materiales de naturaleza no siempre pictórica. Nos referimos a las pastas de papel, a las hojas de periódico de Rauschenberg (1925-2008), a los áridos, materiales orgánicos, espumas de poliestireno y poliuretano expandido, a los soportes modificados utilizados en los 60 anticipados por Burri (1915-1995) en los 50. Así mismo, las capas de preparación pueden ser utilizadas como capas pictóricas quedando al descubierto. Las encontramos en obras de Jean-Michel Basquiat (1960-1988) o Miró (1893-1983), quién destaca por su aplicación invertida, rasgo de su estilo expresivo²⁴².

²⁴¹ Actualmente se fabrican lienzos con preparaciones grasas (resinas alquídicas, acril-vinílicas o estireno-acrílicas) y universales (resinas vinílicas o acrílicas). Informante: D. Tudela. Lienzos Levante S/A. [Consulta: 02/08 y 06/11].

²⁴² FERNÁNDEZ-VILLA, S., JUNCOSA DARDER, E. "Materia pictórica y proceso creativo de Miró". *I Congreso Internacional Nuevos Materiales y Tecnologías para el arte*. Madrid: UCM, 2005. EMMERLING, L. *Basquiat*. Köln: Taschen, 2007. PUGLIESE, M. *Op. cit.*, p. 38.

3.1.3. Capas de color:

En pintura contemporánea hablar de estrato pictórico es hablar de mucho más que de pintura. Aparte de los materiales y técnicas tradicionales, pinturas de uso industrial y productos de bellas artes, debe considerarse cualquier otro elemento cuyas particularidades estéticas y/o conceptuales hayan sido seleccionadas por el artista para formar parte de la obra.

3.1.3.1. Nuevos medios pictóricos:



Fig. 44. Detalle. Eduardo Sanz Fraile, *Jardín Homenaje a Picasso III*, 1974, vidrio, espejo, pintura y madera. MACV.

Desde finales del siglo XVIII e inicios del XIX comienzan a sintetizarse y a comercializarse la mayoría de pigmentos orgánicos e inorgánicos (Tabla 6 y 7) y las primeras pinturas al óleo envasadas en tubos de estaño²⁴³.

Material que sigue utilizándose actualmente y cuyas propiedades han sido consideradas superiores por muchos artistas, dejando paulatinamente de ser la técnica más empleada para convivir junto a pinturas sintéticas (nitrocelulósicas, acrílicas, vinílicas, alquídicas, etc.) y otros muchos pigmentos (fluorescentes, metálicos), cuyo desarrollo se produjo espectacularmente a partir de los años 30 (Fig. 44).

²⁴³ VV.AA. "Modern White Pigments: Their Identification by Means of Noninvasive Ultraviolet, Visible, and Infrared Fiber Optic Reflectance Spectroscopy". *Modern Paints Uncovered*. Los Ángeles: GCI, 2007, pp. 118-125. VV.AA. *La fabbrica dei colori pigmenti e coloranti nella pittura e nella tintoria*. Roma: Il Bagatto, 1986, pp. 247, 238, 369, 372, 375. MONTAGNA, G. *I Pigmenti. Prontuario per l'arte e il restauro*. Firenze: Nardini Editore, 1993.

3. Introducción a los materiales, técnicas y acabados en pintura contemporánea

Tabla. 6. Principales pigmentos inorgánicos en pintura contemporánea según Learner *et al.*

Color	Pigmento	Año	Fórmula	nº
Amarillo	Amarillo de bario Amarillo de cromo/París Amarillo de zinc Amarillo de cadmio Amarillo de Marte/amarillo Fe	1809 1797/1804 1809/1850 1829/1846 s.XVIII	$BaCrO_4$ $PbCrO_4$ $4ZnO, K_2O, 4CrO_3 \cdot H_2O$ Cds $FeO(OH) \cdot xH_2O$	PY31 PY34 PY36 PY37 PY42/43
Azul	Azul cobalto Azul ultramar Azul de manganeso Azul cerúleo	1775 1828 1935 1845	$CoO \cdot Al_2O_3$ $Na_8Al_6Si_6O_{24} \cdot Sx$ $BaMnO_4 \cdot BaSO_4$ $CoO \cdot SnO_2$	PB28 PB29 PB33 PB35
Bianco	Bianco de titanio Bianco de zinc Bianco bario	1922 1845 1800	TiO_2 ZnO $BaSO_4$	PW6 PW4 PW5
Marrón	Sombras y Sienas	-	$Fe_2O_3 \cdot H_2O, MnO_2$	PBr7
Naranja	Naranja de Cadmio	1846	$CdS, xCdSe$	PO20
Negro	Negro de humo Negro de huesos Negro de Marte	- - XX	C $C, Ca_3(PO_4)_2, CaCO_3$ FeO, Fe_2O_3	PBk6/7 PBk9 PBk11
Rojo	Rojo de Marte Rojo de Cadmio	- 1829	Fe_2O_3 $CdS, xCdSe$	PR101 PR108
Verde	Verde óxido de cromo Viridian	1809 1838	Cr_2O_3 $Cr_2O(OH)_4$	PG17 PG18
Violeta	Violeta de cobalto Violeta de manganeso	XIX 1868	$Co_3(PO_4)_2$ $Mn(NH_4)_2P_2O_7$	PV14 PV16

Tabla. 7. Principales pigmentos orgánicos 2^a mitad s. XIX y s. XX. Learner *et al.*

Color	Clase química	nº
Amarillo	Monoazo	PY1
	Monoazo	PY3
	Monoazo	PY73
	Monoazo	PY74
	Disazo	PY83
	Monoazo	PY97
Azul	Ftalocianina	PB15
Naranja	Monoazo	PO5
	Monoazo	PO36
	Perinona	PO43
Rojo	Monoazo	PR5
	Monoazo	PR7
	Monoazo	PR9
	Monoazo	PR112
	Quinacridona	PR122
	Monoazo	PR170
	Monoazo	PR171
Quinacridona	PR209	
Verde	Ftalocianina	PG7
	Nitroso	PG8
	Ftalocianina	PG36
Violeta	Quinacridona	PV19
	Dioxazina	PV23

Dichos productos²⁴⁴, contribuyeron a modificar y revolucionar el lenguaje artístico aceptado, debido a sus características y propiedades, propiciando el desarrollo de nuevas técnicas. No obstante, sería tras la Segunda Guerra Mundial cuando puede hablarse del verdadero impacto de las pinturas sintéticas en el mercado del arte, debido a la aparición de las primeras emulsiones solubles en agua.

Las primeras pinturas basadas en resinas sintéticas, no eran pinturas fabricadas para ser utilizadas en el campo artístico, sino que fueron producidas para aplicaciones domésticas e industriales como la pintura de paredes en interiores y exteriores o la de carrocerías y maquinaria, etc. (Tabla 8)²⁴⁵.

²⁴⁴ LACOSTA BERNA, J.M. *Seguridad e higiene en las operaciones de pintura*. San Sebastián: APA, 1999, pp. 9-18. *Ibid.*, pp. 13-14. CALVO MANUEL, A. *Op. Cit.*, p. 327-329. LEARNER, T. "Modern Paints: Uncovering the Choices". *Modern Paints Uncovered*. Los Ángeles: GCI, 2007, pp. 5-9. CROLL, S. "Overview of Developments in the Paint Industry since 1930". *Modern Paints Uncovered*. Los Ángeles: The Getty Conservation Institute, 2007. QUILLEN LOMAX, S., SCHILLING, M.R., LEARNER, T. "The Identification of Synthetic Organic Pigments by FTIR and DTMS". *Modern Paints Uncovered*. Los Ángeles: GCI, pp. 112-117.

²⁴⁵ LEARNER, T. *Analysis of Modern Paints*. Los Ángeles: GCI, 2004, p. 2. Cfr. LEARNER, T. "A review of synthetic binding media in twentieth-century paints". *The Conservator*. Nº 24. London: UKIC, 2000, pp. 96-103. Cfr. CAPPITELLI, F. "Difficulties in the scientific study of synthetic materials in paints". *V&A Conservation Journal*. [En línea]. Spring 2000, Issue 34. V&A Museum. <www.vam.ac.uk>. [Consulta: 23/08/07]. GÓMEZ, M^a. L. *La Restauración. Examen científico aplicada a la conservación de obras de arte*. Madrid: Cátedra, 2000, pp. 103-104. STANDEVEN, H. "Problems associated with the use of gloss house-hold paints by

Uno de los primeros artistas en utilizar y experimentar con estos productos fue el muralista mexicano David Alfaro Siqueiros (1896-1974) en los años 20, quien empleó pintura de nitrocelulosa y silicato de etilo sobre muro²⁴⁶. En la década siguiente, en un curso en Nueva York, animó a otros artistas a utilizar otras pinturas distintas al óleo. Testigo, que tomaron artistas en Europa y Estados Unidos como Jackson Pollock (1912-1956), Morris Louis (1912-1962), Picasso (1881-1973) y Francis Picabia (1879-1953)²⁴⁷.

Tabla. 8. Introducción resinas sintéticas según T. Learner.

Pinturas	Año	Uso
Nitrocelulósicas	1920	Pintura de carrocerías y lacas para muebles
Alquídicas	1930	Pinturas y barnices
PVA solución	1930	Pintura industrial y doméstica.
PVA emulsión	1940	Pintura industrial y doméstica
Acrílicas solución	1940	Pintura industrial y doméstica
Acrílicas emulsión	1950	Pintura industrial y doméstica

La introducción experimental de estas pinturas provocó que distintas empresas y casas comerciales desarrollaran de forma específica y con formulaciones propias, productos destinados al campo artístico, como las pinturas acrílicas en solución Magna® o los acrílicos en emulsión Liquitex® en 1954²⁴⁸. Además, se fabricaron medios acrílicos sin pigmentar para mezclar con pigmentos, así como aditivos para variar las propiedades de las pinturas (aumento del secado, transparencia, matificantes, etc.), pastas para obtener texturas y barnices en mate o brillante (Tabla 9).

20th century artists". *V&A Museum Conservation Journal*. Summer 03, nº 44. [En línea]. <www.vam.ac.uk>. [Consulta: 23/08/07]. London: V&A Museum, 2003. STANDEVEN, H. "Cover the Earth": A History of the Manufacture of Household Gloss Paints in Britain and the United States fro, the 1920s to the 1950s". *Modern Paints Uncovered*. Los Ángeles: GCI, 2007, pp. 75-82.

²⁴⁶ LEARNER, T. *Op. cit.*, pp. 1-3.

²⁴⁷ PUGLIESE, M. *Op. cit.*, p. 33. CALVO MANUEL, A. *Op. cit.*, p. 327-329.

²⁴⁸ *Ibidem*. CAPPITELLI, F. *Op. cit.* VV.AA. "Identificação e materiais artísticos contemporâneos: análise de tintas acrílicas e vinílicas comerciais por FTIR e microscopía de luz polarizada". *Anais do X Congresso*. São Paulo: ABRACOR, 2000, pp. 165-171.

Aunque a finales de los 50 muchos artistas de la talla Dubuffet (1901-1985), Fautrier (1898-1964), Miró (1893-1983), Tàpies (1923), Alberto Burri (1915-1995), Lucio Fontana (1899-1968), recibieron con entusiasmo la llegada a Europa de dichas resinas sintéticas, según Marina Pugliese, la mayoría no se alejaron de las técnicas artísticas tradicionales²⁴⁹.

Tabla. 9. Pinturas sintéticas para artistas según Learner y Crook.

Pinturas para artistas	Año	Tipo
Magna Bocour Artists 'Colors	1947	Acrílica en solución
Liquitex Permanent Pigments	1954 1963	Acrílica en emulsión soluble en agua Fórmula mejorada
Aqua-tec, Cryla, Hyplar, Politec.	1964	Acrílicas en emulsión soluble en agua
Griffin W & N	1970	Alquídica

Al respecto, señalar que el óleo como el medio pictórico más importante desde los últimos 500 años, siguió empleándose gracias a su gran versatilidad, siendo numerosas las obras contemporáneas realizadas con este material. Su fabricación se industrializó incorporando distintos aceites vegetales y aditivos presentándose con distintas gamas y calidades, etc. En la actualidad, encontramos óleos miscibles al agua a partir de la modificación de los anteriores (Fig. 45-46)²⁵⁰.

Frente a su lento secado y amarilleo, las resinas sintéticas ofrecían a los artistas un amplio abanico de posibilidades entre las que destacaban su rápido secado y posibilidades de aplicación²⁵¹. Las más utilizadas fueron las acrílicas, seguidas de las alquídicas y vinílicas, y en menor grado, las de nitrocelulosa y clorocaucho²⁵².

²⁴⁹ PUGLIESE, M. *Op. cit.*, p. 33.

²⁵⁰ CROOK, J., LEARNER, T. *The impact of modern paints*. London: Tate Gallery, 2000, pp. 14-15. QUILLEN LOMAX, S., SCHILLING, M.R., LEARNER, T. *Op. cit.*, pp. 112-117.

²⁵¹ Acrílicos: pobres propiedades ópticas, rápido secado, brillo óptimo, transparencia y resistencia química. Vinílicas: propiedades similares a las anteriores pero inferiores y menor coste, etc. Alquídicas: secado rápido, brillo, dureza, flexibilidad, resistencia química, miscibilidad con el óleo, etc. LEARNER, T. *Op. cit.*, pp. 1-3.

²⁵² PERIS VICENTE, J. *Estudio analítico de materiales empleados en barnices, aglutinantes y consolidantes en obras de arte mediante métodos cromatográficos y espectrométricos*. Tesis doctoral. Valencia: Servei de Publicacions UPV, 2008.



Fig. 45-46. Productos de Bellas Artes. Pintura acrílica, óleo, alquídicos, *gouache* y ceras, etc.

Por ejemplo, se ha documentado el uso de pinturas acrílicas en solución Magna® por artistas como Morris Louis (1912-1962), Kenneth Noland (1925-2010), Lichtenstein (1923-1997) y Mark Rothko (1923-97), así como en emulsión por Helen Frankenthaler (1928) y Andy Warhol (1928-87), entre otros muchos²⁵³. En segundo lugar, encontramos la utilización de pinturas vinílicas destinadas para uso doméstico e industrial, a las que debemos añadir las elaboradas por los propios artistas a través de la mezcla de látex vinílico más pigmentos y las propiamente fabricadas para Bellas Artes²⁵⁴. Artistas como Sydney Nolan (1917-1992), Kenneth Noland (1925-2010), Bridget Riley (1931), Alberto Burri (1915-1995) y Miró (1893-1983) emplearon este tipo de pinturas en sus obras²⁵⁵.

Las pinturas alquídicas, también de aplicación industrial y doméstica producidas en 1927 reemplazaron a los esmaltes de nitrocelulosa en los 50 y 60 debido a su facilidad de aplicación y amplia gama de colores. Una de las más conocidas fue el esmalte Ripolin®²⁵⁶. Así, encontramos este tipo de resina en obras de artistas como Picasso (1981-1973), Miró (1893-1983),

²⁵³ FERNÁNDEZ-VILLA, S., JUNCOSA DARDER, E. *Op. cit.*, pp. 18-20. CROOK, J., LEARNER, T. *Op. cit.*, pp. 24-31. LEARNER, T. "Modern Paints". *Op. cit.*, pp. 5-9.

²⁵⁴ El uso de la pintura vinílica para artistas Flashe® de Lefranc & Burgeois está poco extendido, si bien, a nivel estatal destaca la utilización de pinturas de menor calidad como La Pajarita® o Titanlux®, etc.

²⁵⁵ CROOK, J., LEARNER, T. *Op. cit.*, pp. 21-24. LEARNER, T. "Modern Paints". *Op. cit.*, pp. 5-9. FERNÁNDEZ-VILLA, S., JUNCOSA DARDER, E. *Op. cit.*, pp. 18-20.

²⁵⁶ Winsor & Newton comercializa tanto pintura alquídica para Bellas Artes como medio alquídico bajo la marca Griffin®. A lo largo de esta investigación hemos documentado el uso de este medio con óleo para realizar veladuras. Otros esmaltes alquídicos empleados por artistas son los Titanlux® o Bruguer®, etc.

Willem de Kooning (1904-1997), S. Nolan (1917-1992), Francis Picabia (1879-1953), Pollock (1912-1956), Pierre Soulages (1919), Frank Stella (1936), Tàpies (1923), etc.²⁵⁷.

En menor grado, se han utilizado pinturas técnicas para recubrimientos industriales de uso en exteriores, entre las que destacan los esmaltes nitrocelulósicos o de piroxilina (pintura Duco® de la DuPont®), los cuales tuvieron un gran impacto en el mercado pictórico de los años 20 por su rápido secado, brillo y durabilidad, y cuyo uso se ha documentado en obras de Siqueiros (1896-1974), Pollock (1912-1956) y Richard Hamilton (1922)²⁵⁸.

A este tipo de pintura, deben añadirse otras como las de clorocaucho de alta resistencia química, las de poliuretano de dos componentes, los alquitranes y breas, así como las epoxídicas y de silicona, etc., junto a otras muchas técnicas tradicionales (temple de huevo, cola y caseína, encáustica, etc.), productos pictóricos industriales y de Bellas Artes (ceras, lápices de colores, carboncillos y lápices grasos, pasteles, acuarelas, témperas), utilizadas en un menor porcentaje y cuya utilización llega hasta nuestros días²⁵⁹.

3.1.3.2. Combinación de materiales:

Aparte del uso de los nuevos medios y pigmentos sintéticos, otra de las características de la pintura contemporánea es la combinación de distintos materiales y tipos de elementos. A finales del siglo XIX, Degas (1834-1917) creaba atmósferas gaseosas empleando pastel mojado extendido o aplicado a pincel, combinándolo con tempera, óleo, temple de huevo y caseína, etc.²⁶⁰.

²⁵⁷LEARNER, T. *Op. cit.*, pp. 17-19. CROOK, J., LEARNER, T. *Op. cit.*, pp. 17-21.

SEDANO, P., "Trabajos realizados durante el 89 en los fondos pertenecientes al Centro de Arte Reina Sofía y procedentes del antiguo Museo de Arte Contemporáneo". *Comunicaciones de la 2ª Reunión de Trabajo*, Madrid: GE Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo, 1990. CIVIL, I., MICHALSKI, S., MURRAY, A. *Op. cit.*, pp. 407-413. CIVIL, I. *The matter paintings of Antonio Tàpies: a study of some mechanical properties of contemporary alkyd paint layers with high pigment volume concentration* [tesis inédita]. Queen 's University, Kingston (Canadá), 2001.

²⁵⁸CROOK, J., LEARNER, T. *Op. cit.*, pp. 16-17. LEARNER, T. *Op. cit.*, pp. 1, 22-24.

²⁵⁹LACOSTA BERNA, J.M. *Op. Cit.*, p. 15-18. FERNÁNDEZ-VILLA, S., JUNCOSA DARDER, E. *Op. cit.*, p. 18. NEWMAN, R. "Tempera and Other Nondrying-Oil Media" *Painted Wood*. Proceedings of a Wooden Artifacts Group of The AIC. Los Ángeles: GCI, 1998, pp. 33, 38.

²⁶⁰PUGLIESE, M. *Op. cit.*, pp. 7, 12-15, 20. ALCARAZ GONZÁLEZ, F. "Técnicas mixtas en el arte contemporáneo y sus peligros". *VII Congreso de Conservación*



Fig. 47. Detalle. Carmen Calvo, S/T, 1990, zinc, cordel y pintura sobre loneta y contrachapado, 200 x 200.

El *collage*, como técnica empleada por cubistas y futuristas para liberarse de los límites de la pintura al óleo sobre tela, introduce en composiciones bidimensionales la utilización de materiales no pictóricos sobre la superficie (papel de periódico, cartón, lentejuelas, objetos de zinc). Este se realiza por vez primera en 1912 por Picasso (1981-1973)²⁶¹ y Braque (1882-1963), seguida de Juan Gris (1887-1927) y otros, coincidiendo con la introducción del ensamblaje en escultura.

A partir de este momento, con cada movimiento y artista, hallaremos infinitas e ilimitadas combinaciones de materiales y técnicas a todos los niveles, muchas veces como un sello propio y fruto tanto de la reflexión, como de la casualidad. Hay que decir que dicha combinación puede darse por superposición (acrílico sobre óleo, acrílico sobre alquídico, lápiz o cera sobre acrílico, etc.), mezcla directa de distintos aglutinantes (óleo con medio alquídico, vinílico con acrílico, etc.), así como mediante la incorporación de distintos elementos como los *objects trouvés*, obteniendo acabados de todo tipo (Fig. 47).

A continuación, sin intención de realizar un estudio pormenorizado de autores y movimientos artísticos, citaremos algunos ejemplos a fin de ilustrar las ideas expuestas.

En 1934 Enrico Prampolini (1894-1956) reivindicó el uso múltiple y combinado de materiales en el manifiesto *Al di là della pittura verso i polimaterici*, tal y como señala magistralmente M. Pugliese en el libro *Tecnica*

de Bienes Culturales. Vitoria: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, 1991, pp. 485-489.

²⁶¹ Ver: Picasso, *Naturaleza muerta con silla de paja*, 1912, collage, óleo, tela, rejilla, papel y cuerda sobre tela, 27 x 35 cm. Picasso, *Boceto para guitarra*, 1912, escultura cartón, cuerda y metal, 65'1 x 33 x 19 cm. MoMA.

*mista*²⁶². En este sentido, cabe mencionar la búsqueda experimental de nuevos materiales por Marcel Duchamp (1887-1968), el uso de fórmulas pictóricas inventadas en asociación con técnicas incompatibles de Mark Rothko (1903-1970) mediante la superposición de acrílico, óleo y pintura al huevo, la aplicación de Miró (1893-1983) de técnicas magras sobre grasas, o el complejo trabajo de investigación de Yves Klein (1928-1962) con los monocromos y pinturas al fuego²⁶³. Como también la realización de superficies texturizadas y con acumulación de materiales como paja y arena de Jean Fautrier (1898-1964) y Dubuffet (1901-1985). Material que junto al mármol triturado, barniz y base alquídica, utiliza Tàpies (1923) en la realización de numerosas pinturas, etc.²⁶⁴.



Fig. 48. Detalle. Pájaro pegado. W. Vostell, *Fernán Báez*, 1982, acrílico sobre lienzo, cobre y técnica mixta, 190 x 240 cm. PMG-UV.

En esta línea y en cuanto a la introducción de elementos no pictóricos debemos referenciar a autores tan diversos como Dieter Roth (1930-1998), Joseph Beuys (1921-1986) o Piero Manzoni (1933-1963) en la aplicación de alimentos y otros materiales orgánicos tales como chocolate, pan, insectos, zumos, embutidos, mantequilla, cáscaras de huevo, excrementos, etc. (Fig. 48).

Wolf Vostell (1932-1998), padre del Happening en Europa e iniciador del movimiento Fluxus y del videoarte, transformó y confrontó en sus obras

²⁶² Más información: PUGLIESE, M. *Op. cit.*, pp. 21.

²⁶³ *Ibid.*, pp. 29-31. FERNÁNDEZ-VILLA, S., JUNCOSA DARDER, E. *Op. cit.*, p. 20. WEITEMEIER, H. *Yves Klein*. Köln: Taschen, 2005. GÓMEZ PINTADO, A. "El oro en la obra de Yves Klein: una nueva perspectiva para su restauración". *Actas 16th International Meeting on Heritage Conservation*. Valencia: Editorial UPV, 2006. BAAL-TESHUVA, J. *Rothko*. Colonia: Taschen, 2003,

²⁶⁴ CIVIL, I., MICHALSKI, S., MURRAY, A. *Op. cit.*, pp. 407-413. RUIZ DE ARCAUTE, E., SÁNCHEZ, Y., PARDO, D. "Tratamiento de la obra "Peinture" de Tàpies. 1ª fase. Colocación de un soporte refuerzo". *Comunicaciones de la 4ª reunión de trabajo*. Barcelona: GETCRAC, 1994, p. 80. CALDARO, N. "The conservation of Beat Art. With a focus on Jay Defeo". *Modern Art, New Museums*. Bilbao: IIC, 2004, p. 154. ELGER, D. *Dadaísmo*. Köln, Taschen, 2006, pp. 28-94.

diferentes objetos de simbología fetichista avisándonos de las sombras y conflictos de la sociedad actual²⁶⁵. Robert Rauschenberg (1925-2008) con sus innovadoras combinaciones de materiales no convencionales (tierra, semillas, animales disecados, plexiglás), técnicas publicitarias y *performance*; Anselm Kiefer (1945) con pinturas de gran formato realizadas con pintura, flores secas, vidrio, planchas de plomo recicladas, hilo espio, papel y fotografías, o Damien Hirst (1965) como símbolo del eclecticismo matérico²⁶⁶.

El plástico como icono de la civilización de consumo fue utilizado por Alberto Burri (1915-1995) a partir de 1958, Claes Oldenburg (1929-) o Eva Hesse (1936-1970). Esta última lo aplicó de forma pionera en los 60 en esculturas de látex, fibra de vidrio y plásticos. Así mismo, Arman (1928-2005) empleó poliéster transparente como aglutinante en las acumulaciones de objetos²⁶⁷. El uso combinado de materiales digitales, magnéticos, lumínicos y eléctricos, puede hallarse en obras de Lucio Fontana (1899-1968), quien en el 49 asoció el uso de lámparas de Wood a la aplicación de pigmentos fluorescentes; Gyla Kosice (1924) con el *Neón Madí nº 5* realizado en 1946 con madera y tubos de neón; Dan Flavin (1933-1996) con sus famosos fluorescentes, o el ya citado Vostell (1932-1998), como primer artista en emplear la TV en sus obras²⁶⁸.

3.1.3.3. Nuevas técnicas y sistemas de aplicación:

La aparición de los nuevos medios pictóricos, propició también el desarrollo de nuevas técnicas pictóricas y sistemas de aplicación. Por ejemplo, la utilización de espátulas y pinceles planos por los pintores impresionistas estuvo influenciada por la textura pastosa de los óleos aglutinados con aceite de adormidera. Del mismo modo, la introducción de pinturas sintéticas en el

²⁶⁵ MUSEO VOSTELL MALPARTIDA. Biografía. [En línea]. Malpartida, Cáceres. <www.museovostell.org>. [Consulta: 29/08/11].

²⁶⁶ Dieter Roth Foundation. <www.dieter-roth-foundation.com>. Hamburg: Dieter Roth Foundation, 2008. [Consulta: 06/08/08]. BUSTINDUY, P. "La presencia de alimentos en obras de arte. Problemas para su conservación". *VI Reunión Grupo de Arte Contemporáneo del GEIIC*. Madrid: MNCARS-GEIIC, pp. 95-100. CAPPELLI, S. Archivo obra Piero Manzoni. [En línea]. ©2003-09 AOPM. <www.pieromanzoni.org>. [Consulta: 13/03/10]. Cfr. BURGESS, E. "Twilight of the West: Contemporary solutions for some contemporary problems". *Painting Conservation. Artonview*. 1 autumn, 1995. [En línea]. Canberra: ©2008 NGA. <www.nga.gov.au>. [Consulta: 22/06/08].

²⁶⁷ PUGLIESE, M. *Op. cit.*, pp. 38, 42.

²⁶⁸ *Ibidem*. LUCIE-SMITH, E. *Op. cit.*, p. 201. Cfr. MUSEO VOSTELL. *Op. cit.*

ámbito industrial lleva consigo la aparición de instrumentos como pistolas, aerosoles o aerógrafos, los cuales fueron empleados por Siqueiros (1896-1974) o Basquiat (1960-1988). Así mismo, Rauschenberg (1925-2008) utilizó rodillos para pintar paredes y Miró (1893-1983) *graneretes*, escobas o trapos para aplicar la pintura²⁶⁹. Por otra parte, Yves Klein utilizó la velocidad de un automóvil para esparcir pintura sobre la tela, el cuerpo de modelos desnudas en sus *antropometrías* o la llama oxidrica²⁷⁰.



Fig. 49-52. Procedimientos: Aerógrafo (J. Leparc). Brocha y acumulación de texturas; huellas de manos y calzado; *dripping* (V. Peris y U. Alemany).

Insistir en la técnica del *collage*, citada anteriormente, como precursora de la ruptura con los sistemas tradicionales, la cual consistía en adherir elementos planos como recortes de periódico, tela o fotos sobre la superficie pictórica (Fig. 49-52).

Otras técnicas con nombre propio halladas en pintura contemporánea son el *frottage* (rascado de un papel con lápiz con una superficie texturizada debajo) empleada por Max Ernst (1891-1976) en los años 20, el *grattage* (rascado de la pintura una vez seca), la “técnica de la oscilación” (oscilación de un tubo lleno de pintura colgado sobre la pintura) que anticipa al *dripping* de Pollock (1912-1956) de los 50 en la denominada *action painting* (chorreado de pintura: esmaltes, acrílicos y óleos diluidos en una danza ritual mediante), el fotomontaje y la *decalcomanía* (impronta de un papel al ser presionado sobre varios colores blandos) adaptada por el surrealista Oscar Domínguez (1906-

²⁶⁹ *Ibid.*, pp. 3, 14-15, 22. LEARNER, T. *Op. cit.*, pp. 1-3.

²⁷⁰ Desarrollo en 1957 del IKB International Klein Blue (ultramar con PVAI Rodophas® M60a) por Rhône-Poulenc. *Ibid.*, p. 46. WEITEMEIER, H. *Op. cit.*, pp. 28, 54-73. FERNÁNDEZ-VILLA, S., JUNCOSA DARDER, E. *Op. cit.*, p. 20.

1957)²⁷¹. Por su parte, Vostell (1932-1998) acuñó el principio creativo *Décollage*, que aplicado a sus cuadros y fotografías desgarradas, junto a las formas y sucesos lacerados constituyendo fragmentos móviles de la realidad²⁷². En los 50 Warhol (1928-1987) empleó la serigrafía y el episcopio para realizar obras en serie, la denominada *Blotted line* (método de copiado sobre papel absorbente, resiguiendo el contorno de un diseño con un líquido), las estampaciones de motivos simples con *Art gum* recortada, el encolado de viñetas sobre tela intervenidas gestualmente con color o en los 70, el uso de orina (serie pictórica *Oxidations*). Igualmente, Lichtenstein (1923-1997) realizaba sus composiciones imitando la técnica del cómic (planchas perforadas, óleo y pintura Magna)²⁷³.

3.2. ESTRATOS FINALES Y ACABADOS:

Las obras tradicionales solían finalizarse con la aplicación de un barnizado para potenciar ciertos aspectos estéticos²⁷⁴. En pintura contemporánea la gran mayoría de obras no suele presentar este estrato, si bien, encontramos un pequeño porcentaje en el que el barniz sigue empleándose con función protectora o estética (realzar zonas brillo-mate, saturar colores, matizar tonos), aunque con materiales modernos: resinas cetónicas, barnices de poliuretano, ceras, plásticos o productos cosméticos como las lacas de cabello. Y acabados de todo tipo: mates, brillantes, combinados, monocromos, policromos, planos o con grandes texturas²⁷⁵.

²⁷¹ VV.AA. *Op. cit.*, p. 154. ELGER, D. *Op. cit.*, pp. 68-78.

²⁷² MUSEO VOSTELL MALPARTIDA. *Op. cit.*

²⁷³ Warhol usó pintura alquídica y acrílica en solución y emulsión en las estampaciones serigráficas. PUGLIESE, M. *Op. cit.*, p. 44. HONNEF, K. *Pop Art*. Köln: Taschen, 2006, pp. 50, 84-88.

²⁷⁴ Aunque los impresionistas dejaron de usarlos, posteriormente se barnizaron por intervenciones incorrectas e intereses mercantiles. *Ibid.*, pp. 12, 61. FRØYSAKER, T., LIU, M. "Four (of eleven) unvarnished oil paintings on canvas by Edvard Munch in the Aula of Oslo University: preliminary notes on their materials, techniques and original appearances". *Restaurator: Forum für Restauratoren, Konservatoren und Denkmalpfleger*, Januar/Februar, Vol. 115, n. 1, 2009.

²⁷⁵ Monocromía tendencia surgida a finales de los 40 contra la tradición europea (Piero Manzoni, Yves Klein o Ad Reinhardt). Cfr. SÁNCHEZ ORTÍZ, A. "Las reglas del juego: Lo monocromo y su conservación". *XIII Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. Lleida: 2000, p. 719. VV.AA. "The

Respecto a las superficies mates, hay que señalar, que en pintura actual responden a un planteamiento conceptual, constituyendo una novedad en arte contemporáneo²⁷⁶.

Para obtenerlas el artista puede seleccionar medios tradicionales mates (temple de cola y caseína, gouache, pasteles), mezclas de pigmento con bajos o nulos porcentajes de aglutinante (óleos diluidos, pigmento con medio vinílico, pigmento puro esparcido sobre superficies impregnadas en resina o sin ella, como Yves Klein (1928-1962) o Anish Kapoor (1954-)), incorporar cargas, sustancias matificantes y otros aditivos (cera microcristalina, secativos, barnices mates, copolímeros de etileno/vinil acetato, sílice micronizada, sulfato cálcico, secativos), o seleccionar soportes absorbentes como Miró (1926-1972) o Millares (1922-1976) con las arpilleras, o bien modificar los sistemas de aplicación²⁷⁷. Por último, señalar que las obras se caracterizan por el desuso de los marcos, las grandes dimensiones y su elevado peso.

conservation of monochrome paintings". *Modern Art: who cares?*. Amsterdam: T.F.C.M.A. and the NICH, 1999. VV.AA. *Imageless*. New York: Solomon R. Guggenheim Museum, 2008. MAYER, L., MYERS, G. "American impressionism, matteness, and varnishing". *Journal of the AIC*. Fall/Winter, vol. 43, nº 3. Washington: JAIC, 2004.

²⁷⁶ SEDANO ESPIN, P. "La conservación del arte contemporáneo". *Dossiers IAPH*. Nº 10, Boletín 35 Junio. Sevilla: IAPH, Junta de Andalucía, 2001, p.3. BERGEAUD, C, SINDACO, C. "Il consolidamento dei difetti di adesione e coesione di una tempera magra su tela di Vuillard. L'apporto della Jun-Funori nel trattamento". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, pp. 166-167. CADORIN, P. "Etude préliminaire sur la peinture mate". *ICOM 4th triennial meeting*, Venice, 13-18 October 1975. Paris: ICOM, 1975. CADORIN, P., VEILLON, M. "La peinture mate: definition. Techniques permettant d'obtenir l'effet mat: matériaux, modes d'application, vernis mats". *5th Triennial Meeting ICOM-CC*. Zagreb: ICOM-CC, 1978. KLEIN, E. *Consolidation of matte paint films*. [Tesis inédita]. Ontario: Queen's University, 1991. HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Ed.). *Matte Paint*. California: GCI, 1993. HOENIGSWALD, A. "New Painting/New Surfaces: Nineteenth-Century Matte Paints" *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*: ZKK, Vol. 22, n. 2, 2008.

²⁷⁷ *Ibid.*, p. 3. Cfr. HORIE, C.V. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*. London: B.H., 1987, p. 106. JOHNSTON, R., FELLER. R. "Optics of Paint Films: Glazes and Chalking". *Application of science in examination of works of art*. Boston: MFA, 1967, p. 93. ILLA MALVEHY, C. *Op. cit.*, pp. 747-751.



**4. PINTURA CONTEMPORÁNEA
PROBLEMAS DE ADHESIÓN Y COHESIÓN DE ESTRATOS
PICTÓRICOS**

4. PINTURA CONTEMPORÁNEA. PROBLEMAS DE ADHESIÓN Y COHESIÓN DE ESTRATOS PICTÓRICOS

A fin de obtener una perspectiva global que contribuya a una mejor comprensión del objeto de estudio, es necesario comenzar este capítulo con una pequeña introducción respecto a las tipologías y principales causas de alteración que afectan a las obras pictóricas contemporáneas en general, para centrarnos posteriormente, en aquellas cuestiones que atañen directamente a los problemas de adhesión y cohesión de los estratos de color.

4.1. UNA APROXIMACIÓN HACIA LAS TIPOLOGÍAS Y PRINCIPALES CAUSAS DE ALTERACIÓN EN PINTURA CONTEMPORÁNEA²⁷⁸:

La diversidad de materiales y técnicas empleadas convierten en una compleja y ardua tarea, tanto la tipificación de los daños, como la identificación de los factores de envejecimiento y deterioro que los causan. Al respecto, hay que señalar, que la pintura contemporánea comparte muchas de las alteraciones típicas de las pinturas sobre lienzo y tabla tradicionales, aunque suele caracterizarse por presentar daños completamente distintos, que no mayores²⁷⁹.

²⁷⁸ PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C. "Pintura Contemporánea: una aproximación hacia los materiales, principales alteraciones y causas de degradación". *Unicum*. Nº 6, mayo. Barcelona: Unicum, 2007, pp. 104-114. PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C. "Materiales, alteraciones y causas en pintura actual". PÓSTER. XII Congresso da ABRACOR. Fortaleza, agosto 2006. PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C. "Alterations in Spanish Uncovered Contemporary Paint. A Visual Approach". PÓSTER: *Modern Paints Uncovered Symposium*. London: Tate, GCI & National Gallery, 2006.

²⁷⁹ Se denomina deterioro, al conjunto de daños producidos en los objetos durante su exhibición, almacenamiento y transporte. En este proceso, considerado como la expresión macroscópica del envejecimiento, actúan los factores deteriorantes, los mecanismos de alteración (secuencias de los cambios físico-químicos) y las manifestaciones visuales de los daños. El envejecimiento se define como la serie de procesos y cambios irreversibles producidos por factores internos y/o externos, tales como la ruptura de cadenas, formación de grupos funcionales, incremento de la acidez, amarilleo, sequedad, etc.

VAILLANT CALLOL, M., DOMÉNECH CARBÓ, M^a. T., VALENTÍN RODRIGO, N. *Una mirada hacia la conservación preventiva del Patrimonio Cultural*. Valencia:

H. Schinzel, definió como nuevas formas de deterioro en pintura actual, la aparición prematura de craquelados de grandes dimensiones producidos por la merma de estratos, la rápida aparición de microfisuras y craquelados, el amarilleo del color, y los efectos de la acción corrosiva del polvo depositado sobre la superficie de las obras, etc.²⁸⁰. A los que se sumarían, otras muchas como la decoloración y migración de aditivos de la pintura acrílica, la pegajosidad de algunas superficies o la degradación de elementos añadidos, etc.²⁸¹.

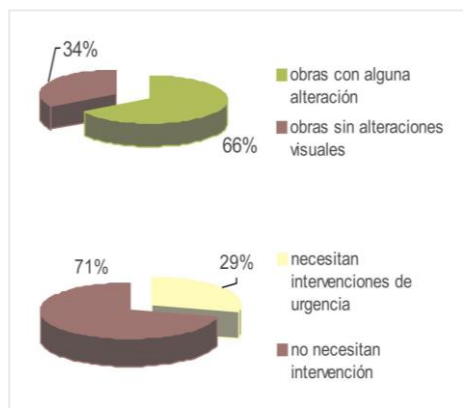


Fig. 53. % de obras estudiadas con alteraciones y % necesidad de intervención.

No obstante, si hay algo que tienen en común muchas de estas alteraciones es su aparición en cortos espacios de tiempo. Pensemos por ejemplo en los problemas conservativos de las obras realizadas hace tan apenas veinte años, en contraposición a las creadas siglos atrás²⁸². Hecho que ha podido constatarse tras los estudios de obras realizados como parte de la metodología de trabajo de la presente tesis. Y que queda recogido en el gráfico anterior, poniéndose de

manifiesto el mal estado general de estas.

Así, el envejecimiento se convierte en un proceso que transcurre con mayor rapidez y al que suele asistir el propio autor. Y en el que incluso, la

Universidad Politécnica, 2003, pp. 91-94. GARCÍA FERNÁNDEZ, I. Conservación preventiva y la exposición de objetos y obras de arte. Murcia: Ed. KR, 1999. RUIZ DE ARCAUTE, E. *Op. cit.*, p. 15.

²⁸⁰ SCHINZEL, H. "Restauración e investigación. Un intento de esquematización". *Restauración de pintura contemporánea*. Traducción de Lourdes Rico Martínez con la colaboración de Karla Kühnen. Madrid: Akal, Istmo, 2003, p. 21.

²⁸¹ VV.AA. "The discoloration of acrylic dispersion media". *Saving the Twentieth Century, The Degradation and Conservation of Modern Materials*. Ontario: CCI, 1993.

²⁸² MATTEINI, M., MOLES, A. *Ciencia y restauración. Método de investigación*. Guipúzcoa: Nerea, 2001, p. 99.

concepción del tiempo llega a ser muy distinta respecto a las obras convencionales²⁸³. De ahí que sea indispensable la aplicación de medidas conservación preventiva y seguridad en aquellas instituciones que atesoren obras de este tipo.

Tabla. 10. Interrelación de factores de alteración internos y externos.

Factores internos	Relacionados con la técnica, los materiales empleados y el concepto de las obras.
Factores externos	Ambientales (Iluminación, % Humedad Relativa, Temperatura, contaminación, renovación de aire...), y relacionados con el movimiento y transporte de obras.

Por lo que respecta a los factores modernos de deterioro asociados al arte contemporáneo, Silvia Noguer, restauradora jefe del MACBA, distingue dos importantes causas de alteración a diferencia del arte tradicional: el nivel de experimentación y la calidad de los materiales y técnicas empleadas, y los producidos a causa de su incesante transporte²⁸⁴. A estos nuevos factores, cabría añadir, todos aquellos que son comúnmente considerados en el estudio de las obras pictóricas (factores de orden interno y externo), y cuya actuación se da de forma interrelacionada²⁸⁵.

4.1.1. Tipologías de alteración y factores internos:

Los factores de orden interno, en estrecha relación con aquellos denominados externos, intervendrán de forma decisiva en la aparición de nuevas alteraciones y problemas de conservación, dadas las características propias del arte contemporáneo. Veámoslo más detalladamente a continuación, siguiendo el proceso creativo de una obra:

²⁸³ SCHINZEL, H. *Op. cit.*, p. 21.

²⁸⁴ PADRÓS, S., PRATS, R., RAMÍREZ, V. "La restauració de l'art contemporani. Entrevista amb Silvia Noguer, directora del Servei de Conservació-Restauració del MACBA". *Unicum. Revista de la Escola Superior de Conservació i Restauració de Béns Culturals de Catalunya*. Nº 0. Barcelona: ESCRBC, 2001, *Op. cit.*, p. 32.

²⁸⁵ SAN ANDRÉS, M., DE LA VIÑA, S. *Fundamentos de química y física para la conservación y restauración*. Madrid: Síntesis, 2004, p. 365. CALVO MANUEL, A. *Conservación y restauración de pintura sobre lienzo*. Barcelona: Ediciones del Serbal, 2002, p. 330.

4.1.1.1. Los materiales empleados:

En muchos de los casos la selección de los materiales ha venido condicionada por **factores económicos**. Lo que llevó a muchos artistas a reutilizar soportes o emplear materiales baratos como cartones, maderas postformadas, telas de mala calidad, pobres preparaciones, aglutinantes, pinturas y/o pigmentos mediocres. Es evidente, que los problemas monetarios, los fallos en la red de suministros en épocas de inestabilidad, la venta de productos adulterados para aumentar beneficios o la publicidad engañosa, tienen consecuencias directas en cuanto a la calidad y a la sensibilidad frente a los agentes ambientales de dichos materiales.

De este modo, las **propiedades físico-químicas** de los anteriores (estabilidad, pH, comportamiento mecánico, resistencia a la luz, caducidad), repercutirán a su vez, tanto en la respuesta frente a los factores de alteración, como en el posterior diseño de estrategias de conservación y restauración. De ahí que sea necesario un primer enfoque individualizado, pues cada obra planteará un problema diferente²⁸⁶.

En el caso de los productos industriales, la **adición de aditivos** químicos (agentes blanqueadores, abrillantadores ópticos, plastificantes, colorantes, conservantes, surfactantes, etc.), puede desencadenar procesos químicos como el aumento del grado de acidez o la migración de compuestos, convirtiéndose en elementos potenciales de deterioro²⁸⁷. Otras alteraciones como el encogimiento de capas, craquelados por merma, exfoliaciones, arrugas, tendrán origen en la utilización abusiva de secativos, plastificantes, matificantes, disolventes y cargas, añadidos por el artista a las mezclas. Por ejemplo, la aplicación de una capa de color con un porcentaje muy bajo de

²⁸⁶ Estas propiedades no dependerán en principio de la decisión del artista, que no siempre conoce la composición y el comportamiento futuro de los materiales que emplea y de sus mezclas. RUIZ DE ARCAUTE, E. "Materiales y técnicas en el arte contemporáneo". *Conservació i restauració d'art contemporani: seminari organitzat per l'Especialitat de Restauració del Departament de Pintura*. Barcelona: Universitat de Barcelona, 1993., p. 12. SZMIT-NAUD, E. "Compatibility of contemporary pigments in mixtures". *Art of the Past. Sources and Reconstructions*. Proceedings of the first symposium of the Art Technological Source Research study group. Londres: Archetipe, 2005, pp. 135-138.

²⁸⁷ MURO, C. "Estudio de la migración de fracciones selectivas de la pintura al óleo en obra contemporánea" *VII Reunión de Arte Contemporáneo del GEIIC*. Madrid: MNCARS, 2006, pp. 131-140.

aglutinante respecto a la concentración de pigmento, podrá derivar en pulverulencia.

Comúnmente, el origen de algunas alteraciones, tales como el desprendimiento de estratos, el deslizamiento de la pintura, la pegajosidad de las superficies, la aparición de arrugas de secado, o la migración de compuestos, etc., se encuentran también en la **incompatibilidad de las mezclas entre técnicas y materiales**²⁸⁸. La mixtura de aceite de cártamo y agua empleada en una obra por el neerlandés De Kooning (1904-1997), como medio de obtener un acabado con un aspecto final “fresco”, produjo una superficie que con los años no terminaba de secar²⁸⁹.

Con la incorporación de **elementos ajenos al arte tradicional**, surgirán diferentes tipos de daños más propios de los materiales empleados, como serían la pudrición de los alimentos, las infestaciones de insectos, las oxidaciones, los cambios sólido-liquido por influencia del calor, las averías en los mecanismos, el fundido de bombillas, la pérdida de adhesión de elementos, la descomposición de espumas, etc.²⁹⁰.



Fig. 54. Degradación de espuma de poliuretano. A. Cillero, *La Galleta*, 1970. MACV.

Esto podría conllevar la aparición de descompensaciones compositivas debido al distinto envejecimiento de estos elementos dentro del conjunto.

²⁸⁸ La mezcla en los estratos de color puede darse de dos formas: mediante superposición (acrílico sobre óleo, esmalte sobre vinílico), o por combinación (óleo mezclado con resina alquídica, vinílico con acrílico, laca con acrílico, etc.) Las reacciones por incompatibilidad pueden ser conocidas, desconocidas o realizadas de forma intencionada por los artistas.

²⁸⁹ CALVO MANUEL, A. *Op. cit.*, pp. 331-340. Wikipedia® *Op. cit.*

²⁹⁰ BUSTINDUY, P. “La presencia de alimentos en obras de arte. Problemas para su conservación”. *VI Reunión del Grupo de Arte Contemporáneo del GEIIC*. Madrid: MNCARS, 2005, pp. 95-100.

4.1.1.2. La ejecución de las obras:

Junto con los materiales empleados, el modo en el que el artista ejecuta las obras (mezclas, superposición de capas, velocidad, tiempos de secado, distribución de fuerzas en el tensado y clavado, etc.), en relación con su formación artística y a la disposición de aplicarla o no; acarrea la aparición de craquelados prematuros, exfoliaciones o tensiones violentas²⁹¹.



Fig. 55. Arrugas de secado.

La aplicación de una capa de pintura sobre otra todavía blanda, producirá la formación de una membrana superficial seca, que a su vez englobará el interior todavía tierno, impidiendo su secado total. Esto ha tenido graves consecuencias en algunos embalajes, en los que los materiales empleados quedaron pegados y/o aplastaron las texturas²⁹². Así, la forma en la que han secado los diversos estratos afectará a la conservación de los mismos. Es decir, si este proceso ha sido

acelerado artificialmente por medio de la exposición al sol o a algún sistema de ventilación, la posición en la que se ha colocado la obra²⁹³.

Por otro lado, la formación de craquelados prematuros constituye uno de los problemas más característicos de la pintura moderna²⁹⁴. Entre los más típicos

²⁹¹ ALTHÖFER, H. "La teoría de la restauración de arte contemporáneo". Vitoria: Diputación Foral de Álava, 1993. SCICOLONE, G. *Restauración de la pintura contemporánea*. Traducción de Ariadna Viñas. Guipúzcoa: Nerea, 2002., pp. 58-64; SEDANO ESPÍN, P. "La conservación de la obra de arte en los museos. Funciones del Departamento de Restauración". *Arte: Materiales y Conservación*. Madrid: Argenteria, 1998, p. 109.

²⁹² Cfr. ART CONSERVATION SERVICES OF SARASOTA®. [En línea]. <www.art-conservation-sarasota.com>. Sarasota: Art Conservation Services, 2005 [Consulta: 26/05/08].

²⁹³ En una obra de Picasso secada en vertical, se produjeron arrugas al encontrarse la pintura todavía blanda. CALVO MANUEL, A. *Op. cit.*, p. 331.

²⁹⁴ Los craquelados son formaciones complejas con distintas tipologías producidas por la interacción de los factores internos y externos. Los prematuros parecen desarrollarse sólo en algunas capas, presentando un perfil redondeado debido al alargamiento plástico al que está sometido el material. Los de

se encuentran los formados por desecación. Según Scicolone, derivan del estrés mecánico originado por la evaporación, dentro de la película de las partes volátiles, o también, por la formación de elementos gaseosos durante su asentamiento que podrían llegar a diluir el aglutinante de otras capas (“acción vórtice”). A partir del que se desarrollan formas hexagonales y poligonales a medida que se produce el secado.

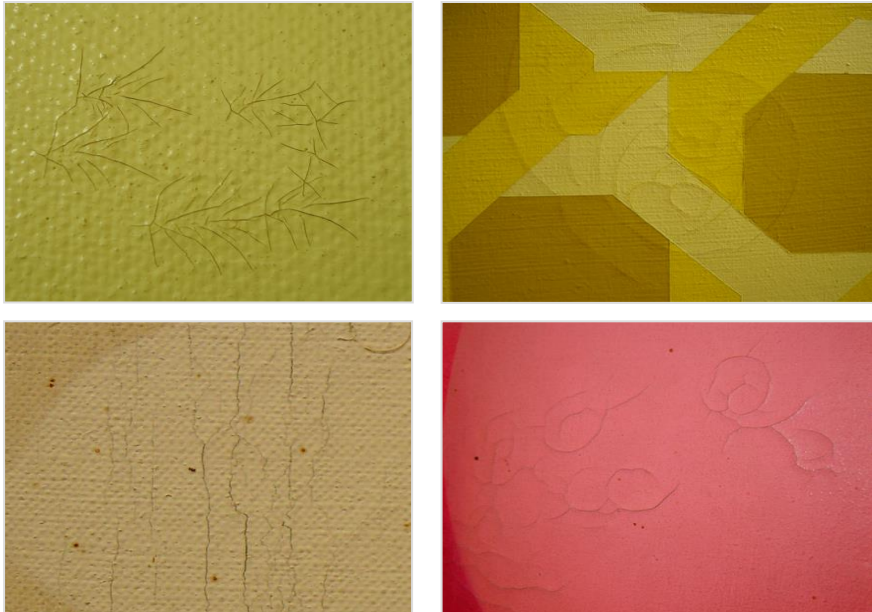


Fig. 56-59. Grietas y craquelados en espiga y espiral sobre pintura acrílica.

envejecimiento afectan a todos los estratos, caracterizándose por presentar bordes rectos y definidos (su formación se produce cuando los estratos de color están rígidos). Su aparición no se traduce siempre en un problema de consolidación, aunque anticipa su presencia, siendo representativos de la fatiga mecánica. Cfr. KDARPOWICZ, A. “A study on development of cracks on paintings”. [En línea]. JAIC Online, vol. 29, nº 2, art. 5. Washington: AIC, 1990 <<http://aic.stanford.edu>>. [Consulta: 26/01/05]. SCHINZEL, H. *Op. cit.*, p. 21. SCICOLONE, G. *Op. cit.*, p. 58-64. Cfr. ROSSI DORIA, M. “Fenomeni di deterioramento su dipinte su tela: come costruire un approccio più meditato nei problemi dei consolidamento”. *L’attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso CESMAR7. Saonara: Il Prato, 2006, p. 17.

En opinión de algunos especialistas, las pinturas acrílicas parecen verse especialmente afectadas por este problema debido a su secado rápido, o al uso de mayores cantidades de diluyente que de pigmento²⁹⁵.

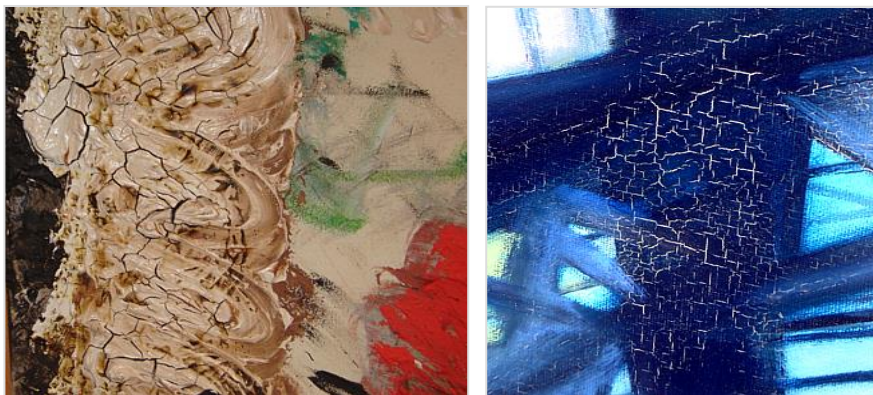


Fig. 60-61. Craquelados de secado en texturas y colores planos.

Otro aspecto, en estrecha relación con lo anterior será la **aplicación de diferentes grosores**, sucesivas capas, y su **distribución** dentro de la obra. Dependiendo de los cuales, podrán aparecer zonas de tensiones, deformaciones en el plano por el peso o tensiones violentas durante el secado, áreas susceptibles de arranques, craquelados prematuros, desplazamientos de color, chorreras, corrimientos, etc. Muchas veces, la formación de grietas anchas en la capa superficial, deja entrever los tonos de las capas subyacentes²⁹⁶.

Así mismo, debe tenerse en cuenta la **desviación del campo de aplicación de determinados productos** y de sus recomendaciones de uso. Esto es, que el artista siga o no, aquellos parámetros como la función (por ejemplo, que una pintura específica para el recubrimiento de metales se emplee para otro cometido distinto), el tiempo de secado, los modos de aplicación de

²⁹⁵ RUIZ DE ARCAUTE, E. *Op. cit.*, p. 14.

²⁹⁶ SEDANO ESPÍN, P. "Trabajos realizados durante el 89 en los fondos pertenecientes al Centro de Arte Reina Sofía y procedentes del antiguo Museo de Arte Contemporáneo", *Comunicaciones 2ª Reunión de Trabajo*. Madrid: GE-IIC, 1990. ALTHÓFER, H. *Op. cit.*, pp. 129-130.

estos materiales, la necesidad de agitar el contenido, la de añadir disolventes, etc., que suelen incorporarse en las etiquetas comerciales. Y que de no realizarse, probablemente supongan la aparición de ciertas complicaciones como el agrietado prematuro, el desprendimiento de estratos, un mal secado, el deslizamiento del color.

Distintos daños, como las arrugas de tensado (Fig. 62), las marcas de los bordes interiores y travesaños de los bastidores, así como ciertas grietas y roturas, tendrán su origen en las características de los materiales empleados, pero también en cuanto a la **distribución de fuerzas** aplicadas en el clavado y/o **montaje** de elementos, en conjunción con las oscilaciones termohigrométricas. De ahí la necesidad del uso de soportes estables y de la tensión constante en los lienzos, proporcional a su tamaño²⁹⁷.



Fig. 63. Reposición de bombillas en la obra de Alcaín *Altar de un pueblo español*, 1970, mixta sobre pintura mural. MACV.

Por último, resulta necesario hablar de los factores de deterioro derivados del **uso y/o funcionamiento** de

algunas obras que cuentan con elementos mecánicos y/o eléctricos, tales como motores, enchufes, bombillas (Fig. 63), tubos de neón, fluorescentes, monitores de televisión, vídeo, proyectores, aparatos de diapositivas, ordenadores o mecanismos diversos, etc. Así como con aquellas que presentan soportes magnéticos, discos de vinilo, CD-ROM, diapositivas, etc., en los que el propio funcionamiento puede producir desgastes en la estructura o diversas averías, o incluso problemáticas relacionadas con la denominada obsolescencia programada de dichos elementos.



Fig. 62. Arrugas de tensado. Michavila, *Quadrants*.

²⁹⁷ BERGER, G., RUSSELL, W. *Conservation of Paintings. Research and Innovations*. London: Archetype, 2000, pp. 245-277.

4.1.1.3. La concepción teórica de la obra:

Dentro de los factores de alteración de orden interno, tiene una gran importancia la concepción teórica de la obra. Puesto que el artista puede dotarlas de un carácter temporal efímero a través de la caducidad de los materiales empleados, planteando la degradación como una finalidad y/o tomar esta degradación como un recurso creativo más.

Respecto al primer supuesto destaca, entre otros, Dieter Roth (1930-1998), quien al introducir en el arte el principio de la vida orgánica, entendía que la obra debía seguir su propio proceso de deterioro hasta el final²⁹⁸. La aplicación de materiales perecederos (chocolate, excrementos, embutidos, etc.), y de deshecho sobre soportes dispares como la madera postformada, lienzo, vidrio o metal, han configurado en algunas de sus obras diversas manchas por pudrición y oxidaciones cambiantes con el tiempo²⁹⁹.

En cuanto al segundo caso, Eduard Munch (1863-1944), quiso que sus obras maduraran físicamente. Para ello aplicaba un proceso denominado hestekur o cura de caballo a fin de obtener una serie de alteraciones que en palabras del autor les conferían autenticidad. Manipulaciones descuidadas, exposiciones a las inclemencias del clima noruego, servían para obtener manchas, superficies gastadas, orificios, rasgados, erosiones, etc., que pasaban a formar parte de ellas, sobre la base de una intencionalidad artística³⁰⁰. Más tarde, el italo-argentino Lucio Fontana (1899-1968), el cual asistió en los últimos años de su vida a la manifestación Destruction Art, Destroy to Create, efectuó algunas de sus personales creaciones a través de perforaciones y rasgados³⁰¹.

²⁹⁸ Ver: Dieter Roth. *Fruits of a crash for G+J*, 1965, comida, platos entre hojas de vidrio en marco de hierro, bisagra y madera, 97 x 69,5 x 5 cm.

²⁹⁹ PADRÓS, S.; PRATS, R., RAMÍREZ, V. *Op. cit.*, p. 31. BUSTUNDUY FERNÁNDEZ, M^a P. "La técnica al servicio del arte. La difícil tarea de la Conservación de los nuevos materiales en el Arte Contemporáneo". *Revista Fabrikart*. Servicio Editorial U.P.V., 2004, p. 96. Ver: DIETER ROTH FOUNDATION. Hamburg, Copyright Dieter Roth Foundation 2011. <www.dieter-roth-museum.de>. [Consulta: 23/06/06].

³⁰⁰ En diversas obras como *Death and the Maiden*, pueden observarse algunos de estos daños. Cfr. MUNCH MUSEET. <www.munch.museum.no>. ©Copyright The Munch Museum 1999-2008. [Consulta: 06/08/08]. ASLAKSBY, T. "La conservació de la col.lecció d' Eduard Munch: Una història de 50 anys" *Conservació i restauració d' art contemporani. Seminari*. Barcelona: Universitat de Barcelona, 1993, pp. 35-43.

³⁰¹ FONDAZIONE LUCIO FONTANA. © Fondazione Lucio Fontana 2010. <www.fondazioneluciofontana.it>. [Consulta: 05/02/08].

Otros creadores, se decantaron por reproducir arrugas de secado, chorreras o craquelados, así como ciertos efectos obtenidos a través del uso de materiales y técnicas incompatibles, etc. Entre ellos, podemos hablar de Jean Dubuffet (1901-1985), y de Alberto Burri (1915-1995)³⁰². Este último con la realización de sus enormes craquelados³⁰³. Algo un tanto distinto sería la degradación como alteración presente en los materiales empleados por el artista. Es el caso de muchos objetos recuperados y añadidos de forma consciente a las obras de arte y que ya presentan un estado de decadencia, envejecimiento o desgaste visible, como los *Objet trouvé* empleados como forma artística en el cubismo y surrealismo, y más tarde en otras tendencias. En la actualidad, artistas como Carmen Calvo (1950), Carmen Grau (1950), o Liz Bachhuber (1953), profesora de la Escuela de Arte de Weimar, los han incorporado con distintos propósitos³⁰⁴.

4.1.2. Tipologías de alteración y factores externos:

Todas las obras están expuestas a los factores externos de deterioro desde su creación, durante su exhibición, almacenaje y transporte. Aunque cada uno de los materiales constitutivos tendrá una respuesta específica a los anteriores, jugando un importante papel en su conservación. Veamos cuáles son estos factores en líneas generales:

4.1.2.1. Humedad Relativa y Temperatura:

Sin entrar en más detalles, podemos decir que se trata de dos factores íntimamente relacionados, por lo que nos centraremos en los daños que causan de forma conjunta en la pintura contemporánea³⁰⁵.

³⁰² Dubuffet realizaba "enigmáticos rameados" a partir del uso de veladuras grasas sobre una pasta cargada de resina. VILLARQUIDE, A. *Op. cit.*, p. 68. DUBUFFET FOUNDATION. © Fondation Dubuffet, Paris, 2001-2005. <www.dubuffetfondation.com>. [Consulta: 05/02/08]. Cfr. MNCARS. *Alberto Burri*. [En línea]. Madrid, © Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, 2009 <www.museoreinasofia.es/exposiciones>. [Consulta: 05/02/08].

³⁰³ Ver obras como: A. Burri. *Cretto G 3*, 1975. Acrovinílico sobre Celotex®.

³⁰⁴ CALVO, C. *Carmen Calvo*. Web. [En línea]. ©Carmen Calvo, Valencia, Spain. <www.carmencalvo.es>. [Consulta:08/08/08]. GRAU, C. *Carmen Grau*, Web. ©Carmen Grau. <www.carmengrau.es>. [Consulta:08/08/08].

³⁰⁵ Humedad Relativa (HR): relación entre la humedad absoluta del aire y su higroscopicidad a una temperatura dada. Se expresa en valores relativos con la fórmula: $HR = A/A_t \times 100\%$. Donde A es la humedad absoluta del aire y A_t la higroscopicidad del aire a temperatura °C. Thomson, establece que niveles superiores

Por un lado, fuera de los rangos establecidos para cada material, la humedad relativa (factor químico expresado en %) es capaz de incrementar el deterioro físico, químico y biológico de los materiales. Y por otro, la temperatura (factor físico expresado en °C) puede acelerar de dos a tres veces la velocidad de los procesos químicos, en incrementos de 10° C, a una humedad relativa dada, así como producir sequedad y fragilidad en los materiales orgánicos.

La rotura de algunas uniones químicas en interacción con el oxígeno, los daños transmitidos al resto de estratos por contracción-dilatación de los soportes, los cambios dimensionales, la pérdida de flexibilidad o los daños biológicos, tienen su origen en los desajustes y oscilaciones termohigrométricas. Estos cambios serán nefastos sobre obras con soportes frágiles o debilitados, con aristas vivas o con listones de madera a modo de marco clavados directamente sobre los bastidores. Ambos factores serán los causantes de acelerar la migración de compuestos, la cristalización de sales, producir el reblandecimiento de las ceras, del látex o de las lacas con altas temperaturas, de comprometer la estabilidad de los plásticos con temperaturas bajas y originar reacciones de oxidación.

Uno de los problemas de la pintura acrílica y vinílica viene dado por su sensibilidad a la temperatura. Esto es, debido a su temperatura de transición vítrea (ver C.5), el polvo queda adherido en la superficie y englobado en la pintura, que continúa blanda al tacto³⁰⁶. Por otro lado, la humedad existente en la Capilla Rothko, junto a la incompatibilidad de los materiales y técnicas empleadas por el artista (temple de cola de conejo, cubierto por pintura acrílica, con zonas realizadas con una emulsión de huevo y óleo, sobre algodón), fue la causante de que con el paso del tiempo, comenzaran a migrar algunos ácidos grasos, que quedaron depositados sobre la superficie en forma de manchas blanquecinas.

Para Matteini y Moles, el agua es el agente causante de la mayoría de las alteraciones, dado que muchísimas reacciones químicas y bioquímicas se

al 65% favorecen la proliferación de hongos y la corrosión de los metales. Inferiores al 40% producen el agrietamiento de materiales más rígidos. VAILLANT CALLOL, M., DOMÉNECH CARBÓ, M^a.T. Y VALENTÍN RODRIGO, N. *Op. cit.*, pp. 98-109. SCICOLONE, G. *Op. cit.* VILLARQUIDE, A. *Op. cit.*

³⁰⁶ Cfr. JABLONSKI, E., LEARNER, T., HAYES, J., GOLDEN, M. "Conservation concerns for acrylic emulsion paints: a literature review". [En línea]. *Tate Papers*. London: Tate, 2004. <www.tate.org.uk>. [Consulta: 01/02/05]. VV.AA. *Caring for Acrylics: Modern and Contemporary Paintings*. Cologne: Axa Art and Tate, 2007.

deben al vehículo acuoso de los agentes químicos agresores. Siendo las pinturas hidrófobas las más estables³⁰⁷.



Fig. 64. Depósitos salinos sobre barro. C. Calvo, *De la Serie Recopilación*, 1975.

Multitud de soportes, como cartones y maderas postformadas se disgregan rápidamente al absorber este elemento. Precisamente su absorción y posterior secado, causó la precipitación de sales sobre los elementos de barro cosidos sobre soporte de tela en la obra de Carmen Calvo *De la Serie Recopilación* de 1975 (Fig. 64)³⁰⁸.

4.1.2.2. La iluminación³⁰⁹:

Los daños producidos por la luz dependerán de su origen, composición, tiempo de exposición y de la sensibilidad de los materiales. Siéndolo especialmente, muchos de los empleados en arte contemporáneo, como son las tintas, las lacas, los colorantes y pigmentos sintéticos, las fotografías, los microfilmes, las películas de nitrato de celulosa, el látex, o los tintes empleados en tejidos, etc. En interacción con otros factores externos producirá daños tales como: decoloración, oscurecimiento, amarilleo, virajes de color, degradación de la celulosa, debilitamiento de tejidos y aglutinantes,



Fig. 65. Detalle decoloración. Anzo, *Aislamiento 1967-A-1968*, fotopolímero sobre acero.

³⁰⁷ CALVO MANUEL, A. *Op. cit.*, p. 331. Cfr. NGA. *Mark Rothko*. [En línea]. <www.nga.gov>. Copyright © 2011 National Gallery of Art, Washington, DC. [Consulta: 02/08/08]. MATTENI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 98.

³⁰⁸ Restauración realizada en 2007 por Isabel Alonso González y M^a Teresa Pastor Valls, para Axa-Art. Colección particular Carmen Calvo.

³⁰⁹ Ver: Proyecto Artlux. *Programa europeo "Leonardo da Vinci". Estudio sobre los efectos de la iluminación*. <www.comune.firenze.it>. [Consulta: 27/05/05]. Más información: SCICOLONE, G. *Op. cit.*, pp. 20-40. CALVO MANUEL, A. *Op. cit.*, p. 332. VAILLANT CALLOL, M., DOMENECH CARBÓ, M^a.T., VALENTIN RODRIGO, N. *Op. cit.*, p. 181. VILLARQUIDE, A. *Op. cit.*

deseccación y endurecimiento, o reblandecimiento de algunas superficies (uso de lámparas incandescentes). En la figura 65, podemos apreciar un detalle de la decoloración generalizada sufrida en la obra de Anzo *Aislamiento 1967-A-1968*. Esta alteración se produjo a causa de la acción de la luz y la falta de fijación del fotopolímero empleado y tinta litográfica sobre plancha de acero³¹⁰.

4.1.2.3. La calidad del aire³¹¹:

La calidad del aire que rodea a las obras en unión con otros factores su conservación. La presencia de **gases contaminantes** procedentes de la industria o de la combustión de fósiles (oxígeno, ozono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, etc.), junto con la **falta de ventilación** y la presencia de **partículas en suspensión** (hollín, polvo, partículas ácidas o alcalinas, y sales), son responsables de la oxidación de los barnices, de la oxidación e hidrólisis de la celulosa de los soportes, del crecimiento de microorganismos, de fenómenos de condensación, de la aparición de manchas, oxidaciones, corrosión de metales, incremento de la acidez, etc.



Fig. 66-67. Manchas por condensación y polvo englobado en texturas mordientes. R. Torrent, *S/T*, 1986, óleo sobre lienzo, 114 x 146 cm.

³¹⁰ El artista, el cual trabajaba en la Litografía Ortega, solía realizar impresiones sobre planchas litográficas de acero a partir de negativos fotográficos. Tras su exposición a la luz de arco, la imagen debía ser fijada, pero en este caso, este paso no se llevó a cabo, pues el artista quiso regalarla a su amigo Salvador como regalo de boda, con la idea de fijarla posteriormente. Informante: Salvador Balbastre Miralles, fotógrafo industrial, amigo y compañero del artista, entrevista realizada en junio de 2010.

³¹¹ *Ibidem*. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Le resine sintetiche usate nel trattamento di opere policrome*. Saonara: Il Prato, 2005, p. 35.

Como señalábamos, una obra situada en un ambiente cargado de polvo, y con unas particularidades concretas, tales como una superficie aún mordiente debido a problemas de secado de los materiales constitutivos, o con una temperatura de transición vítrea cercana a la ambiental, como serían los aglutinantes acrílicos o vinílicos, terminará por englobar este tipo de partículas en el interior de la pintura.

Este fenómeno ha sido observado en varias obras, como la realizada al óleo, por Raúl Torrent (1925-1994) en 1986 (intervenida en 2008 en las instalaciones del IVC+R: imagen anterior).

4.1.2.4. Accidentes, agresiones, robos y catástrofes³¹²:

La acción de los factores previamente referenciados, tal vez pueda parecernos sutil comparada con la magnitud de los daños que se producen debido a los accidentes, agresiones, robos y catástrofes, durante la exposición, almacenaje y transporte de las obras actuales.



Fig. 68. Cercos y foxing por acción del agua.
Carmen Calvo, *De la Serie Paisajes*, 1976.
Barro cocido y loneta sobre contrachapado.

Y más, teniendo en cuenta que son los responsables de que muchas de ellas tengan que intervenir a raíz de **accidentes** (involuntarios) como las fracturas por caída de piezas, golpes, arañazos, roturas, manchas de diversos tipos, fricciones, arranque de elementos y/o estratos pictóricos, roturas de ángulos y cantos, etc.

En estos accidentes y por causas diversas (falta de especialización, prisas, fondos insuficientes, mala previsión o fallos en la seguridad), puede verse implicado el propio personal del museo, el servicio de transporte y/o montaje e incluso el público.

³¹² ROLDÁN, J.C. "La difusión de la obra contemporánea como factor de riesgo. Movilidad y conservación". *Dossiers IAPH*. Nº 10, Boletín 35 Junio. Sevilla: IAPH, Junta de Andalucía, 2001. RUIZ DE ARCAUTE, E. *Op. cit.*, p. 12. ILLA MALVEHY, C. "El embalaje y el transporte del arte contemporáneo", *Actas IX Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*, Sevilla, 1992.

Otras alteraciones (microfisuras, grietas, fracturas en objetos frágiles), pueden producirse como consecuencia de vibraciones producidas por las obras, el tráfico, los fuegos artificiales, etc., y son consideradas por ciertos autores como factores externos específicos.

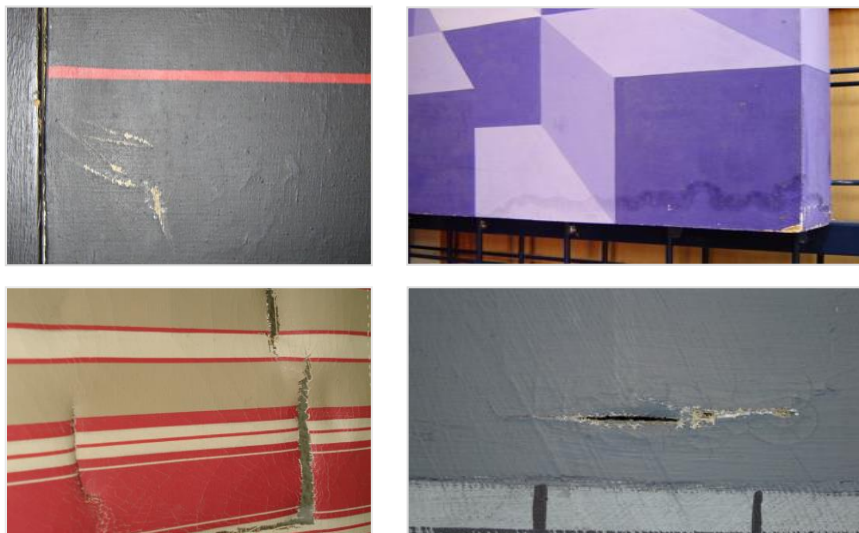


Fig. 69-72. Erosión y lagunas por rascada, cercos producidos por la absorción de agua, rotura y lagunas por caída, rasgado y debilitamiento de capa pictórica por golpe.

Mención aparte, son los ocasionados por roturas de cañerías, goteras, pequeñas inundaciones (ver fig. 70). Según lo expuesto, estos incidentes traen consigo consecuencias como el encogimiento de soportes, el hinchado y disgregación de preparaciones, la pérdida de adherencia, el desplazamiento, separación y deterioro de capas pictóricas y subyacentes, corrimientos del color, el arrastre de suciedad sobre la superficie, la precipitación de sales, etc. Entre otros muchos, citar los daños que sufrió la obra monocroma realizada en 1956 por Max Bill (1908-1994), por un reventón de una tubería del aire acondicionado³¹³ o las alteraciones producidas en la obra *De la Serie Paisajes* de Carmen Calvo (1950) (fig. 64)³¹⁴.

³¹³ HOPPMAN, A., SHUBERT, A. "Wasserschaden an einem Gemälde von Max Bill". *Beiträge*. Nº 1, Bonn: Verband der Restauratoren, 2005, pp. 81-89.

³¹⁴ La pieza presentaba manchas por absorción de agua accidentalmente sobre el soporte. Restauración realizada para Axa-Art por M^a T. Pastor Valls en 2007.

La pintura contemporánea está más expuesta a estos daños en comparación con la tradicional, debido al desuso de marcos, a sus grandes dimensiones y elevado peso de muchas de ellas. La falta de capas de preparación y/o barniz las hace más vulnerables frente a la acción de pequeños roces, erosiones y la presencia de atmósferas contaminadas, convirtiéndolas en obras delicadas que exigen una cuidadosa manipulación.



Fig. 73. Chicle pegado sobre pintura acrílica.
Fons UJI.

Cuando estos problemas se producen intencionadamente, hablamos de **agresiones**, como la sufrida en la obra *Desnudos ante el espejo* de Lichtenstein (1923-1997) al ser acuchillada en 2005³¹⁵. Estas, provocan daños similares a los accidentes, pero también mucho más graves. Las causas pueden ser variadas: religiosas,

políticas o culturales, violencia por la violencia, gamberradas o falta de respeto (Fig. 73). Los **robos** generarán desperfectos considerables de difícil arreglo cuando se producen rápida y violentamente (*El grito* y *Madonna*, Munch³¹⁶).

En casos extremos, señalar los efectos devastadores producidos por **catástrofes** como incendios, grandes inundaciones, terremotos, ciclones y conflictos armados. Como todos sabemos, la acción del fuego produce graves alteraciones en los soportes (alabeo, exudación de resina, carbonización, desnaturalización, pérdida de elasticidad), capas de preparación, color y protección (ampollas, fisuras, grietas, oxidaciones, cráteres, burbujas, cazoletas, pérdida de elasticidad, lagunas)³¹⁷.

³¹⁵ Cfr. BELT IBERICA. <www.belt.es>. Madrid: Copyright Belt Iberica, 2004. [Consulta: 05/08/08].

³¹⁶ RUIZ DE ARCAUTE, E. *Op. cit.*, p. 13. Cfr. MUNCH MUSEUM. *Conservation of Scream and Madonna*. [En línea]. <www.munch.museum.no>. ©Copyright The Munch Museum 1999-2008. [Consulta: 05/08/08].

³¹⁷ ESCOHOTADO, M^a T., RODRIGUEZ, C., CARRETERO, M^a. L. "Los incendios frente a la pintura contemporánea". *Actas XV Congreso Conservación*

4.1.2.5. Agentes biológicos³¹⁸:



Fig. 74. Detalle ataque xilófagos. Canogar, *Composición*, 1972.



Fig. 75. Deyecciones. *La Galleta*. Cillero.

La acción de estos agentes (aves, insectos, mamíferos y microorganismos), catalizada por las condiciones ambientales, ha provocado la aparición de alteraciones mecánicas, químicas y cromáticas en pintura actual (manchas, acidez, deterioro de material celulósico o degradación de pinturas sintéticas). En el ejercicio de nuestra profesión, hemos encontrado diversos tipos de daños causados por agentes biológicos: manchas y erosiones sobre pintura al esmalte y acrílica como resultado de la acidez producida por deyecciones de aves (*Estos fueron sus poderes*, 1970 por F. Cruz de Castro y *La Galleta*, 1970, Andrés Cillero: fig. 75)³¹⁹.

Otro ejemplos son la erosión de elementos de papel producidos por lepismas (*El màgic tanca un cercle*, 1986, pintura vinílica y óleo sobre retorta de algodón, de Enric Solbes)³²⁰, la infestación de materiales lígneos por especies foráneas (bostrítidos) en pintura contemporánea indonesia o la aparición de orificios de salida producidos por insectos xilófagos en la obra de Rafael Canogar *Composición* de 1972, realizada con resina, pintura,

Restauración de Bienes Culturales. [Cd-rom]. [Murcia]: Región de Murcia. Dirección General de Cultura, 2004.

³¹⁸ VAILLANT CALLOL, M., DOMÉNECH CARBÓ, M^a.T., VALENTÍN RODRIGO, N. *Op. cit.*, pp. 122-161. CALVO MANUEL, A. *Op. cit.*, p. 330. VAZQUEZ ALBADALEJO, C. "El biodeterioro de la pintura producido por hongos". Tesis doctoral inédita. Facultad BB.AA., Universidad Politécnica de Valencia, 1997.

³¹⁹ Piezas pertenecientes a la colección del Museo de Arte Contemporáneo de Vilafamés e intervenidas por el IVC+R.

³²⁰ Colección Ayuntamiento de Canals (Valencia). Intervenida en el IVC+R.

carboncillo y madera entelada (Fig. 74)³²¹. La proliferación de colonias de hongos sobre el anverso o reverso de las obras produce decoloraciones y erosiones irreversibles sobre la pintura, debido a la acción de los productos metabólicos de estos microorganismos³²².

4.1.2.6. Intervenciones incorrectas:

El caso de la obra de Picasso (1881-1973), *Les Femmes d'Alger* de 1907, constituye un ejemplo de un embalaje incorrecto realizado a principios de siglo. Esta fue enrollada con la capa pictórica hacia el interior, forzando la aparición de múltiples microgrietas³²³.

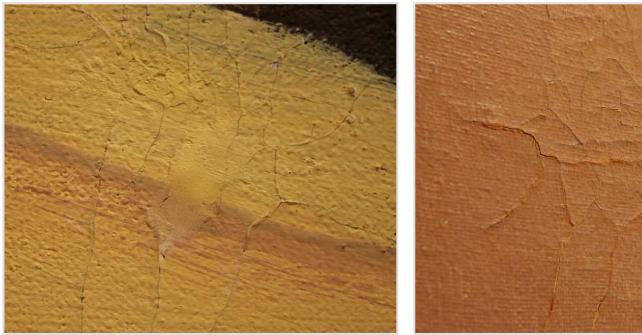


Fig. 76-77. Estucos y repintes sobre laguna, craquelados y grietas. Decoloración por limpieza agresiva.

Producidas por negligencia o descuido, las intervenciones incorrectas pueden alterar las obras, causando conflictos en materia de propiedad intelectual.

Aunque afortunadamente en la actualidad estos casos se dan con menor frecuencia debido a la exigencia formativa de las instituciones para con los profesionales que intervienen las obras, todavía encontramos obras con limpiezas agresivas, repintes que exceden las lagunas para disimular

³²¹ Colección Patronato Martínez Guerricabeitia-UV. Intervenida en el IVC+R.

³²² MARTÍNEZ, M., VÁZQUEZ, C., LÓPEZ, L., SÁNCHEZ LEDESMA, A. "Biodeterioro de tres pinturas acrílicas de Yturralde. Tratamiento y restauración". *Actas VII Reunión del Grupo de Arte Contemporáneo de GEIIC*. Madrid: MNCARS, 2006, pp. 65-70. MARTÍNEZ, M., VÁZQUEZ, C., LÓPEZ, L., SÁNCHEZ LEDESMA, A. "Tratamiento y restauración del cuadro de Hans Richter Dadá-Koft". *Conservación de Arte Contemporáneo 8ª Jornada*. Madrid: MNCARS, 2007, pp. 13-70.

³²³ Cfr. MoMA. "Les Femmes d'Alger, Conserving a Modern Masterpiece". [En línea]. Copyright The Museum of Modern Art, 2003 <www.moma.org>. [Consulta:13/04/05].

erosiones y craquelados, barnizados de obras que conceptualmente no contaban con capas de protección, etc.

Tal y como hemos ido viendo a lo largo de estas páginas, las obras contemporáneas presentan diversas tipologías de alteración por acción conjunta de factores internos y externos. Respecto a los estratos pictóricos, a modo de resumen, podemos encontrar: grietas, craquelados, levantamientos totales o parciales por falta de adhesión (cóncavos o convexos), pulverulencia, ampollas, arrugas, calcinación, lagunas, erosiones, abrasiones, falta de adhesión de elementos, suciedad, manchas diversas (brillantes, mates, oscuras, claras, huellas digitales, por condensación, etc.), pudrición, migración de compuestos, concreciones, depósitos diversos, decoloración, virajes, pasmos, oxidaciones, blanqueamiento, amarilleo, pegajosidad, ataque de hongos y bacterias, deyecciones de insectos, intervenciones incorrectas (restos de adhesivos, repintes, estucos, barnizados), etc. Las alteraciones más frecuentes en las obras estudiadas según la metodología de trabajo de esta tesis, son: el alabeo de bastidores y marcos, las arrugas de tensado, suciedad, manchas, craquelados, grietas, erosiones, lagunas localizadas, pequeños levantamientos y el desprendimiento de elementos adheridos.

En general, los factores que más afectan la aparición de estas alteraciones son los accidentes y agresiones, las condiciones ambientales incorrectas y la técnica empleada (destaca la pérdida de adhesión entre estratos, el debilitamiento del aglutinante y el uso de mezclas espesas y rígidas). Acrílicos, óleos, técnicas mixtas, *gouache* y vinílicos (como técnicas más utilizadas), presentan estas alteraciones con más frecuencia, encontrando en todas ellas algún caso de problemas de estabilidad de las capas pictóricas, sobre todo de pérdida de adhesión (ver tabla siguiente).

Para concluir, señalar que la presencia de muchas de estas alteraciones no implica directamente la necesidad de realizar ninguna intervención de restauración, o al menos, no de forma urgente. Esto dependerá de cuestiones como el nivel de alteración del concepto y materiales de la obra o de la postura que tenga al respecto el autor, entre otras. En esta línea, Schinzel relaciona la necesidad o no de intervenir una pintura según superficie (texturizada o plana), alteración y corriente artística³²⁴.

³²⁴ ALTHÖFER, H. *Op. cit.*, pp. 45-46.

4. Pintura contemporánea. Problemas de adhesión y cohesión de estratos pictóricos

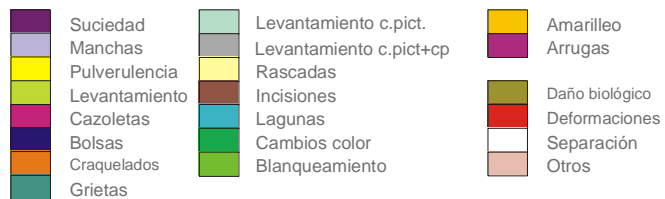
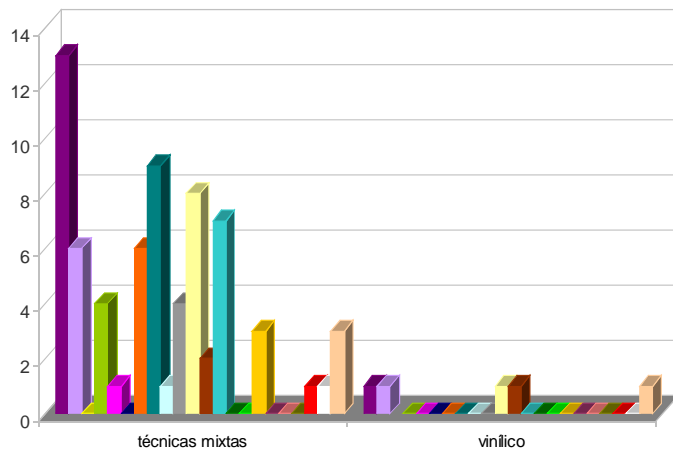
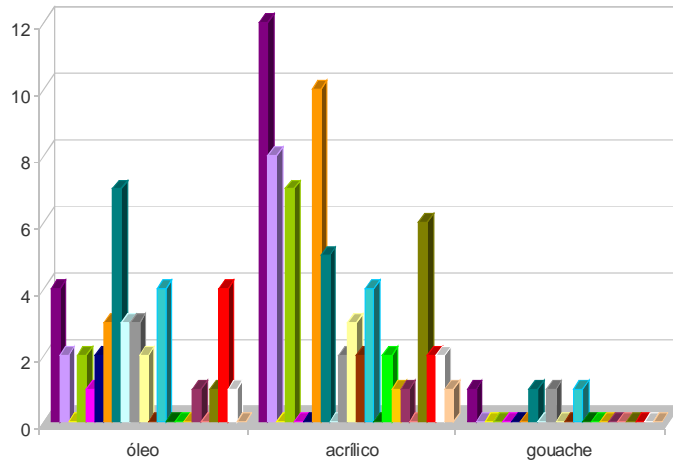


Fig. 78-79. Relación entre tipologías de alteración y técnicas pictóricas (obras estudiadas).

4.2. PROBLEMAS DE ADHESIÓN Y COHESIÓN EN PINTURA CONTEMPORÁNEA:

Son muchas las obras que presentan o han presentado problemas de estabilidad de sus capas pictóricas³²⁵. Tanto los fallos de adhesión como de cohesión suponen un peligro al implicar la pérdida irreversible de pequeñas porciones de pintura o de pigmento, los cuales requieren de tratamientos adecuados.

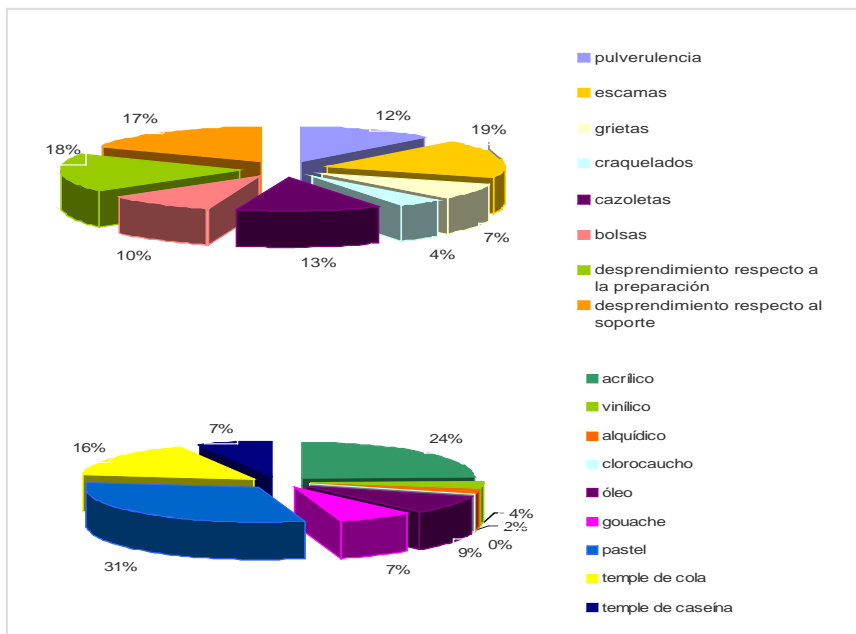


Fig. 80. Principales alteraciones a estabilizar. Relación entre alteraciones y técnicas pictóricas, según los especialistas encuestados.

³²⁵ Fuente: encuesta (ver C. 2). Ej.: Saura (*Soleà*, 1956; *Cota*, 1959, *Edith*, 1961; *Crucifixión*, 1959; *Grande Nue*, 1960-61; *Hia*), Pérez-Villalta, Millares, G. Rueda, José Ortega (*Tríptico Homenaje a la madre*), Yves Klein, J. M^a Sicilia (*Red Flower*), Rafael Baixeras, Julio Sarmento (*Gdanaenstoss*), A. Kiefer (*Bildestreit*), Palacios (*La procesión*), Tàpies, Carmen Calvo (obras 1970-75), Paul Klee (obras en papel), Ross Sinclair (*Hanburg*), Louis Corinth, obras de Hans Hofman, etc.

No obstante, además de comprometer su estabilidad material, afectan seriamente a los niveles estético y conceptual. Nos referimos a las pinturas con superficies lisas, planas o monocromas, en tanto y cuanto, las alteraciones pueden convertirse en el elementos que distraen al espectador interfiriendo y distorsionando su adecuado deleite, lo cual, suele pasar más desapercibido en aquellas con grandes texturas o empastes.

Según las características y el tamaño que presenten estas partículas, podremos distinguir entre dos tipos de alteración a estabilizar. Esto es, el desprendimiento en escamas y la pulverulencia.

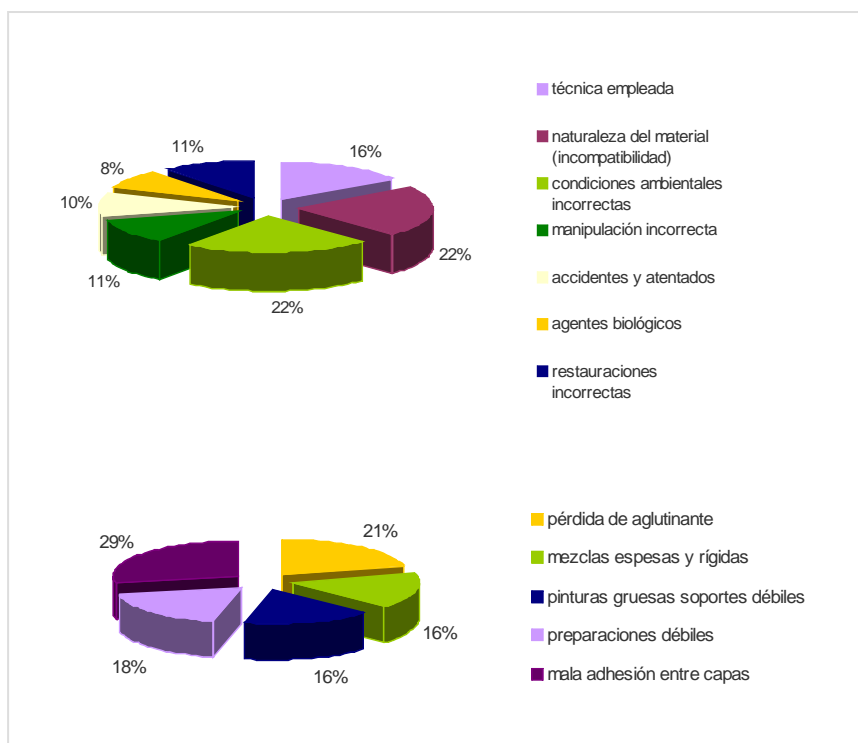


Fig. 81. Principales causas de la aparición de fallos de adhesión y cohesión en la pintura actual, según los especialistas. Causas en relación con la técnica empleada.

En general, según los expertos encuestados, estas alteraciones surgen de mayor a menor grado en técnicas como el pastel, la pintura acrílica, el temple de cola, el óleo, el gouache y el temple de caseína (ver Fig. 80), si bien

podemos encontrarlas en otras muchas como la pintura vinílica, alquídica o técnicas mixtas³²⁶. Respecto a la pintura vinílica, parece existir una confusión extendida entre los artistas, los cuales suelen agruparla bajo la denominación de acrílica. Es por ello, que al interpretar los resultados de las encuestas, las hayamos considerado bajo el mismo grupo.

Los problemas de adhesión o cohesión pueden localizarse en una determinada zona o color, capa o área de texturas, o por el contrario tener una extensión mayor, llegando a afectar a varios estratos. Al igual que las propiedades físico-químicas de estos, el tipo de soporte utilizado, tendrá una indudable influencia en su aparición. Es decir, tanto si es flexible (lienzo, cartón, tela, plástico), como si es rígido (madera, madera postformada, vidrio o metal)³²⁷.

Tal y como veremos más adelante, existen diversas teorías para explicar la aparición de estos daños: basadas en el comportamiento mecánico de los materiales, en la microestructura de los estratos, en las deficiencias de adhesión y cohesión, en el uso de productos secativos, etc³²⁸. Sin embargo, resulta complejo aislar su origen debido a que son producto de la acción conjunta de factores externos e internos.

En este sentido, multitud de especialistas en la materia ponen de manifiesto que las condiciones ambientales incorrectas y la incompatibilidad de los materiales (22%), seguido de la técnica empleada (16%), y de las manipulaciones e intervenciones incorrectas (11%), constituyen las principales causas de su aparición (Fig. 81).

³²⁶ Resultados publicados en: PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C. "Intervenciones de adhesión y consolidación de capas pictóricas no protegidas en pintura contemporánea. Resultados del cuestionario". *Conservación de Arte Contemporáneo*. 9^a Jornada. Madrid: MNCARS, 2008, pp., 125-145.

³²⁷ BERGER, G., RUSSELL, W. "Interaction between canvas and paint film in response to environmental changes". *Studies in Conservation*. Vol. 39, nº 2. London: IIC, 1994. BERGER, G., RUSSELL, W. *Conservation of Paintings*. *Op. cit.*, pp. 297-324.

³²⁸ Cfr. MECKLENBURG, M.F., LÓPEZ FUSTER, L. "Meccanismi di cedimento nei dipinti su tela: approcci per lo sviluppo di protocolli di consolidamento". *Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutarne l'efficacia*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008. FUSTER LÓPEZ, L. *Op. cit.*, p. 86. Cfr. ROCHE, A. "Per una nuova lettura del concetto di adesione e decoesione: aspetti fisico-chimici e meccanici". *L'attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso Internazionale Colore e Conservazione CESMAR7. Milano, 10-11 novembre 2006. Saonara: Il Prato, 2008, pp. 61-72.

4.2.1. Falta de adhesión. Desprendimiento de los estratos de color:

Un caso típico y frecuente de alteración en la pintura contemporánea, es la separación y la delaminación de estratos³²⁹. Esta falta de adhesión puede darse a distintos niveles, llegando a afectar a diferentes estratos (ver tabla: nº 83). Es decir, producirse en la capa pictórica en relación a la de preparación, dentro del propio estrato de color (este se separa de la capa pictórica subyacente dejándola a vistas), o bien, hacerlo en bloque respecto al soporte (la capa de color suelta o unida al estrato preparatorio), o, concernir a algún elemento añadido (papel, fotografías, objetos encontrados).

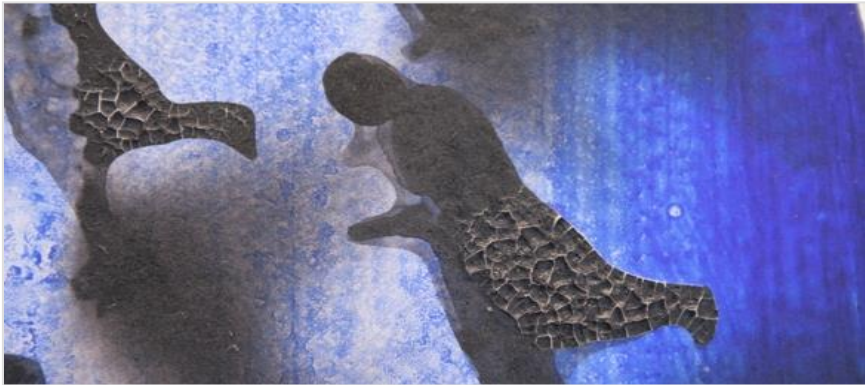


Fig. 82. Escamas cóncavas (zonas de mayor grosor) Genovés, *Secuencia 41*. Acrílico sobre tabla.

Los fragmentos, los cuales pueden presentar una falta de adhesión total o parcial, poseen un tamaño mayor que en el caso de la pulverulencia, donde hablamos incluso de micras. Así, la medida de estas delaminaciones o escamas es variable y va de pocos milímetros a varios centímetros, adoptando grosores y formas diversas (escamas planas, cóncavas, convexas), que normalmente suelen tener una buena cohesión interna. Por otra parte, deben tenerse en cuenta los distintos acabados concebidos por el autor que pueden ir del mate al brillante (Fig. 82-83).

³²⁹ CALVO MANUEL, A. *Op. cit.*, p. 330. YOUNG, C. "Sviluppo di test meccanici per valutare i consolidanti usati per i dipinti su tela". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti del congresso CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, pp. 73-80.

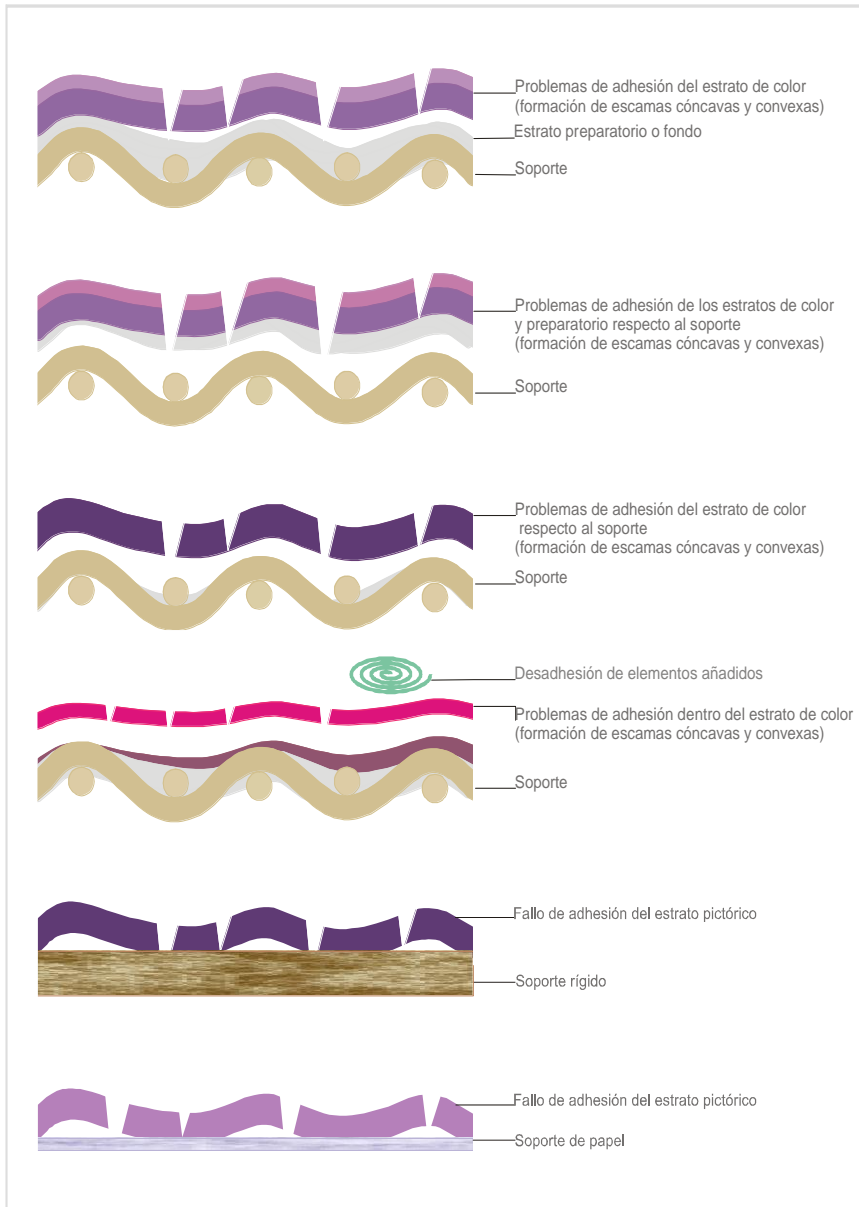


Fig. 83. Problemas de adhesión a distintos niveles y sobre diferentes soportes.

Según los estudios de Berger y Russell, su forma cóncava, convexa o plana, no solo responde al tipo de movimientos del soporte, sino también a las tensiones producidas en el interior de la propia pintura³³⁰. Normalmente, estos levantamientos parten de las áreas delimitadas por las grietas o craquelados, siendo distinta la disposición de los puntos de agarre (bordes, parte central). Tras el envejecimiento y en respuesta a la exposición a factores externos, estas zonas se irán descamando.



Fig. 84. Borde inferior con levantamientos en escamas, craquelados y lagunas. *Producto para un ser*, Vicente Vela. Acrílico sobre lienzo.

En las pinturas sobre lienzo, las podemos encontrar próximas a las áreas de tensión y/o contacto con el bastidor (esquinas y márgenes), así como en zonas de texturas y acumulaciones de pintura, etc.

Así, el origen y agravamiento de los problemas de adhesión se encuentra en la interrelación de los agentes internos y externos de alteración, produciéndose en las zonas más débiles (Fig. 84). Veámoslo con más detalle:

Respecto a la **técnica y materiales empleados**, los especialistas consultados opinan que la aparición de desprendimientos estaría causada precisamente por la mala adhesión entre capas (29%), por la utilización de preparaciones con poca consistencia (18%), debido a la aplicación de pinturas gruesas sobre soportes débiles y a causa del uso de mezclas espesas y rígidas como estratos de color (16%), entre otras (Fig. 81)³³¹.

Basándonos en el *modelo mecánico de adhesión*, los fallos adhesivos podrían tener su origen en el mal anclaje de la capa de color respecto al estrato subyacente (Fig. 85-86)³³². Según este modelo, la porosidad e irregularidades presentes en las capas favorecen la correcta unión de

³³⁰ VILLARQUIDE, A. *Op. cit.*, p. 73. Nada más las fuerzas de adhesión son liberadas, el estrato superior tiende a deformarse formando las escamas en forma de curva cóncava. ROCHE, A. *Op. cit.*, p. 66.

³³¹ Resultados obtenidos a través de la encuesta a especialistas en la materia.

³³² Cfr. VV.AA. *Tecnología de la adhesión*. [En línea]. <www.loctite.com>. Madrid: Henkel Ibérica, 2000. [Consulta: 28/02/08], pp. 37-42.

aquellas aplicadas sobre las anteriores. El nivel de porosidad debe ser equilibrado, sin presentarse en exceso o en defecto. Este hecho, nos recuerda a la regla del “graso sobre magro”, según la cual, la aplicación de una capa de color sobre una capa porosa garantiza su adhesión y no a la inversa.

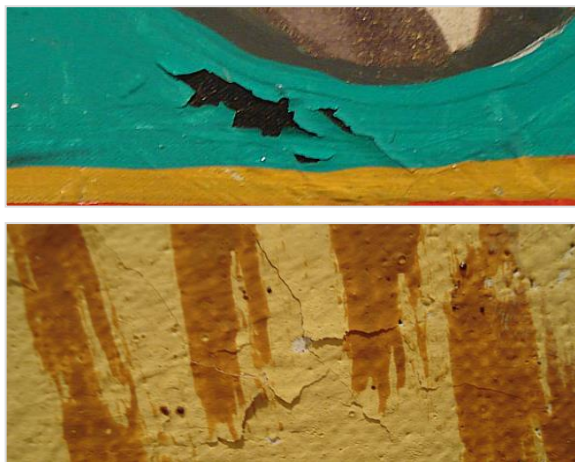


Fig. 85-86. Levantamientos y lagunas. Obras de Richard Hamilton y Vaquero Palacios.

Un ejemplo de defecto, parece encontrarse en las capas de óleo o alquídico sobre acrílico, o viceversa, que al no agarrar correctamente terminan por resbalar y delaminarse. Este problema, observado en algunas obras de Saura en las que el artista aplicaba el óleo directamente sobre preparaciones industriales, estaría

causado por el diferente comportamiento mecánico de ambos materiales³³³.

Young y Mecklenburg han abordado el fenómeno de la adhesión de las pinturas modernas con distintos enfoques. A falta de resultados concluyentes y aunque *a priori* parece no existir una evidente incompatibilidad en la mezcla de técnicas, parece ser que la delaminación del óleo sobre imprimaciones acrílicas o alquídicas puede tener relación con el comportamiento mecánico de estas pinturas y preparaciones en la fase previa de maduración (la adhesión mejora con el envejecimiento), así como con la presencia de blanco de zinc que forma capas quebradizas³³⁴.

³³³ Las preparaciones industriales universales (realizadas con resinas acrílicas o vinílicas), son solo aconsejables para técnicas acuosas y no para el óleo. En opinión de Tudela, este envejece perdiendo flexibilidad, quedando sobre una preparación flexible. Informante: Darius Tudela. Laboratorio Lenzos Levante S/A. [Consulta: febrero 2008 y junio 2011].

³³⁴ Más información: YOUNG, C. “Interfacial Interactions of Modern Paint Layers”. *Modern Paints Uncovered*. Los Ángeles: GCI, 2007, p., 255. MECKLENBURG, M.F.,

Encontramos también el caso contrario (por exceso), en pinturas al óleo directamente aplicadas sobre telas de fibras vegetales de tramas muy abiertas, en las que el propio soporte absorbe el aglutinante debilitando la capa pictórica (obras de Millares, August Puig y Palau Ferré: Fig. 87).



Fig. 87. Craquelados, levantamientos y lagunas. Matías Palau Ferré, *Naturaleza Muerta*. Óleo sobre lienzo con preparación industrial fina.

De acuerdo con el *modelo de absorción termodinámica*, para obtener una correcta adhesión, deben existir múltiples zonas de contacto entre la capa pictórica y el sustrato, así como una *mojabilidad adecuada*³³⁵. De ahí, que los

artistas utilicen tensioactivos para mejorar la adhesión entre superficies con distinta mojabilidad (temple sobre lámina metálica). De modo que, la selección de uno u otro medio, junto a las características físico-químicas del resto de estratos y soporte, tendrá una gran influencia en los niveles de porosidad y en la absorción de las capas, y por ende, respecto a la estabilidad futura del conjunto³³⁶.

LÓPEZ FUSTER, L. *Estudio de las propiedades mecánicas y dimensionales de los materiales pictóricos*. Valencia: Ed. UPV, 2009, pp. 52-55.

³³⁵ Realizar especial mención a los problemas de adhesión de capas pictóricas aplicadas sobre materiales como el polietileno (plástico con pobres propiedades adhesivas debido a su estructura molecular no polar). *Ibidem*. COMIOTTO, A. "Haftungsprobleme auf Polyethylen. Entwicklung eines Gerätes zur Verbesserung der Haftung von Klebe- und Bindemitteln". *Beiträge*. Nº 2. Bonn: Verband der Restauratoren, 2005.

³³⁶ De ahí la importancia de la selección de los soportes y correcta elaboración de las preparaciones. CENNINO, C. *El libro del arte*. Madrid: Akal, 2000, pp. 152-159. BRUQUETAS GALÁN, R. *Técnicas y materiales de la pintura española en los siglos de oro*. Madrid: Fundación Telefónica, 2002.



Fig. 88. Levantamientos y lagunas sobre base absorbente: Michavila. *La casa negra*, 1983, acrílico sobre lienzo.

Fig. 89. Fuerte levantamiento de texturas: Zapata, *S/T*, 1972, collage sobre tabla, MACV.



Fig. 90. Falta de adhesión parcial del papel: Ángela García, *El violín está en la mesa*, 1991, acrílico-collage, MACV.

Fig. 91. Detalle descamación estratos pintura vinílica en probeta.

Pensemos en que muchos problemas de adhesión en pintura actual tienen su origen en la combinación de las oscilaciones termohigrométricas con las características de los estratos preparatorios y su comportamiento mecánico (preparaciones débiles, muy o poco absorbentes, higroscópicas, muy o poco flexibles) o su ausencia (aplicación directa de la pintura sobre el soporte o sobre un simple encolado) (Fig. 88-91).

Por ejemplo, los estratos de preparación aplicados sobre telas mecanizadas de trama muy cerrada, no logran trabar los movimientos de contracción-dilatación de los soportes al no poder anclarse entre los intersticios de los ligamentos, quedando como capas flotantes³³⁷. Cualquier tipo de tensión, proveniente del soporte o del estrato de color producirá su separación.

Decíamos pues, que los fallos de adhesión se originan en las zonas más débiles. Fenómeno, que conjuntamente y de forma interrelacionada con los modelos teóricos de adhesión señalados, podría explicarse empleando el *modelo reológico* y el *modelo de capas débiles de rotura preferente*³³⁸. A grandes rasgos, el primero hace referencia a las roturas de uniones sometidas a sollicitaciones mecánicas y el segundo, expone las carencias en muchas uniones (ver C.6).

Conforme a este último modelo, la propagación de la fractura de una unión adhesiva tiende a dirigirse hacia la superficie del sustrato o del adhesivo, en caso de existir zonas débiles, y no en la zona interfacial. Esto puede deberse a distintas variables como serían la presencia de contaminación (polvo, humedad, aire, huecos), la migración a la interfase de sustancias de bajo peso molecular o aditivos, a reacciones entre el sustrato y las capas de color o a causa de un excesivo o inadecuado tratamiento superficial (superficie poco o muy rugosa)³³⁹.

Otras veces, la fuerte adhesión de una capa sobre otra, provoca la pérdida de la adhesión del estrato contiguo o subyacente, llegando a arrancarlo. Al respecto, debemos citar el pelado de áreas de texturas con espesores de

³³⁷ La torsión de los hilos industriales suele ser mayor que las producidas por telares manuales. NICOLAUS, K. *Manual de restauración de cuadros*. Köln: Könemann, 1999.

³³⁸ Ver: VV.AA. *Teoría de la adhesión*. *Op. cit.*, pp. 37-42.

³³⁹ *Ibidem*. VV.AA. "The migration of surfactants in acrylic emulsion paint films". *Modern Art, New Museums*. Bilbao: IIC, 2004, pp. 202-207. CALVO MANUEL, A. *Op. cit.*

hasta 1 centímetro en lienzos de Borduas³⁴⁰. A su vez, el peso y la rigidez de los estratos puede también desencadenar fallos de este tipo. Un caso emblemático, es la conocida obra de Jay DeFeo (1929-1989) *The Rose*³⁴¹, en la que la autora empleó grandes cantidades de pintura al óleo, pigmento blanco de plomo, madera, mica y distintas cargas sobre lienzo.

Como vemos, la distribución de distintos grosores en las obras será un factor determinante en la localización de estas alteraciones. Pues normalmente, son las zonas con mayor acumulación matérica las que más sufren la aparición de grietas, craquelados y problemas de estabilidad. Ciertas obras de Saura, en las que utilizaba óleo aplicado directamente del tubo sobre lienzo con preparación industrial, han presentado esta clase de daños³⁴².

En la pintura al *gouache* estas alteraciones aparecen de un modo rápido y magnificado (Fig. 92-93). La formación de los craquelados es más evidente en las zonas en las que se aplica en varias capas y con grandes grosores³⁴³. Debido a las tensiones de secado, las últimas capas secan formando escamas cóncavas, reteniendo a su vez parte de humedad.

³⁴⁰ Cfr. VV.AA. *Conservation of works by Borduas*. [En línea]. Québec: Ministère de la Culture, des Communications et de la Condition Féminine, Centre de Conservation y Musée d'Art Contemporain de Montréal: 2007. <www.ccq.mcc.gouv.qc.ca>. [Consulta: 07/02/05 y 29/05/07].

³⁴¹ El enorme peso de la gruesa capa pictórica resultante produjo su des adhesión respecto al soporte, lo cual, supuso un verdadero reto para el equipo de conservadores restauradores que la intervinieron a fin de estabilizarla. Ver: Jay de Feo, *The Rose*, c. 1960-61, técnica mixta.

CALDARO, N. "The conservation of Beat Art, with focus on Jay Defeo" *Modern Art, New Museums*. Bilbao: IIC, 2004, pp. 152-155. CALDARO, N., ROCKWELL, T., ROSENTHAL, A. "Conservation of a Heavy Weight: The Rose by Jay Defeo". *AIC Paintings Specialty Group postprints*. San Diego, California, June 13-14, 1997. Washington: AIC, 1997.

³⁴² SEDANO ESPÍN, P. "Ejemplos prácticos sobre criterios y actuaciones de conservación-restauración en arte contemporáneo". *Conservació i restauració d'art contemporani*. Op. cit., p. 26. VV.AA. *Conservation of works by Borduas*. [En línea]. Québec: Ministère de la Culture, des Communications et de la Condition Féminine, Centre de Conservation y Musée d'Art Contemporain de Montréal: 2007. <www.ccq.mcc.gouv.qc.ca>. [Consulta: 07/02/05 y 29/05/07].

³⁴³ ROCHE, A., DESSENNES, L. "The Consolidation of Flaking Gouache on Japanese Paper". *Restaurator, International Journal for the Preservation of Library and Archival Material*. Volume 23, N^o 4, 2002, pp. 241-255.

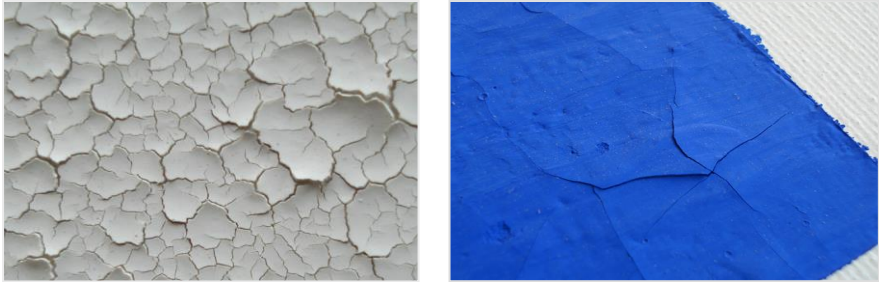


Fig. 92-93. Detalle levantamientos y craquelados en *gouache* blanco titanio y azul ultramar.

Así pues, un secado brusco puede provocar la formación de grietas e incluso desviaciones en el plano de los soportes, derivando en una mala adhesión y delaminación con el envejecimiento³⁴⁴.

Incluso la **concepción teórica de la obra** y ciertos efectos realizados por los artistas (grietas y craquelados), han originado posteriormente la aparición de zonas frágiles y la presencia de levantamientos. Los encontramos en obras de Sonia Gechtoff (1926-), Jay De Feo (1929-1989), Tàpies (1923-) y Jacson Pollock (1912-1956)³⁴⁵.

Tal y como se expuso al comienzo del presente apartado, la **exposición a condiciones ambientales inadecuadas**, constituye una de las principales causas de la aparición de este tipo de daños en combinación con los factores internos de deterioro³⁴⁶. Así, ante las fluctuaciones termohigrométricas, los materiales de cada capa mostrarán, en relación con sus propiedades físico-químicas, un comportamiento mecánico y dimensional distinto³⁴⁷, poniendo a

³⁴⁴ ALTHÖFER, H. *Op. cit.*, p. 129. SCICOLONE, G. *Op. cit.*, p. 53.

³⁴⁵ Jackson Pollock y James Kelly reconstruían las obras trasladando la materia de un lado a otro, antes del secado total de las mismas. CIVIL PLANS, I. *Op. cit.* CALDARO, N. *Op. cit.*, pp. 152-155.

³⁴⁶ HANSEN, E., LOWINGER, R. "Investigations into techniques for the consolidation of high pigment volume concentration paint at the Getty Conservation Institute". *Newsletter WAAC*, 12, nº 3, September, 1990, p. 1.

³⁴⁷ Una alteración mecánica surge como consecuencia de las tensiones a las que es sometido un material. Si la deformación supera la zona de comportamiento elástico (deformación permanente), se producirán alabeos o torsiones. En el caso de superar la tensión de rotura, aparecerán fragmentaciones, grietas, craquelados y cazoletas. SAN ANDRÉS, M., DE LA VIÑA, S. *Fundamentos de*

prueba propiedades tales como la rigidez, la resistencia, la tensión, la flexibilidad y la adhesividad, etc.³⁴⁸. En este sentido, cabe destacar las interesantes investigaciones realizadas por Mecklenburg, Fuster López y Roche, las cuales han puesto de manifiesto dicha realidad (Fig. 94)³⁴⁹.

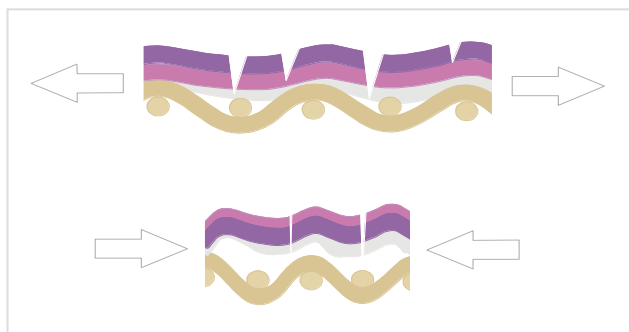


Fig. 94. Tensión y distensión de estratos fracturados en soporte textil.

De acuerdo con estos autores, los materiales artísticos responden de forma diferente a los distintos niveles alcanzados por dichas oscilaciones, reflejándose como decimos

en su respuesta dimensional y comportamiento mecánico. Parece ser, que los estratos que conforman una obra actúan en conjunto, aunque en cierto modo también lo hacen independientemente (he aquí una de las causas de deterioro)³⁵⁰. Por tanto, la combinación de ambas respuestas producirá el desarrollo de estrés en los materiales en un grado y dirección determinados, el cual será contrarrestado por las fuerzas desarrolladas por los materiales

química y física para la conservación y restauración. Madrid: Síntesis, 2004, p. 371.

El comportamiento mecánico y dimensional también está afectado por el deterioro químico y los agentes de limpieza. MECKLENBURG, M.F. *Op. cit.*, pp. 110-117.

³⁴⁸ *Ibidem*. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 54.

³⁴⁹ Más información en: MECKLENBURG, M.F. *Meccanismi di cedimento nei dipinti su tela: approcci per lo sviluppo di protocolli di consolidamento. Failure mechanisms in canvas supported paintings: approaches for developing consolidation protocols*. Padova: Il Prato, 2007. FUSTER LÓPEZ, L. *Op. cit.*, p. 86. ROCHE, A. *Op. cit.*, pp. 61-72. MECKLENBURG, M.F. "Micro Climates and Moisture Induced Damage to Paintings". *Museum Microclimates*. National Museum of Denmark, 2007. MECKLENBURG, M.F., LÓPEZ FUSTER, L. *Op. cit.* MECKLENBURG, M.F., LÓPEZ FUSTER, L. *Estudio de la pintura de caballete: Comportamiento estructural y mecanismos de degradación*. Valencia: Ed. UPV, 2009. YOUNG, C. *Op. cit.*, pp. 76-77.

³⁵⁰ *Ibid.*, p. 59.

pictóricos³⁵¹. Cuando este estrés supera la resistencia de los materiales provoca su agrietamiento, llegando a afectar a los estratos más frágiles³⁵². Según el tipo de rotura interlaminar, podremos hablar de rotura central cohesiva, rotura cohesiva asimétrica y rotura interfacial³⁵³.

Young señala que la estructura textil puede jugar un papel determinante en la separación de dichos estratos respecto al soporte³⁵⁴. Los estudios de Mecklenburg han demostrado que el lino se contrae tanto por desecación como por exposición a una HR mayor al 80%. En esta última situación, puede producirse la disgregación o la pérdida de capacidad adhesiva o cohesiva por hinchamiento de las colas orgánicas³⁵⁵. Si además, los soportes están destensados, estos daños se darán en un mayor porcentaje³⁵⁶.

El comportamiento dimensional y mecánico de las capas de preparación y color dependerá también de los aglutinantes, pigmentos, aditivos y cargas empleadas³⁵⁷. Por ejemplo, ante los cambios de HR (niveles bajo y medio), la respuesta dimensional de las pinturas acrílicas y alquídicas parece ser

³⁵¹ La fuerza adhesiva entre dos estratos puede deberse a una adhesión mecánica o debido a una fuerza intermolecular que provoca una adhesión específica. Consultar: ROCHE, A. *Op. cit.*, pp. 65-66.

³⁵² La absorción de humedad es distinta dependiendo de si la HR incrementa o decrece y de si las cargas de HR son grandes o pequeñas (fenómeno de histéresis). En aquellas obras con presencia de grietas y craquelados esta absorción será heterogénea, puesto que penetrará y fluirá con facilidad a través de estas aberturas. MECKLENBURG, M. *Op. cit.*, pp. 104-105, 110. NICOLAUS, N. *Op. cit.*, pp. 186-195. Cfr. ROSSI DORIA, M. *Op. cit.*, p. 17.

³⁵³ Ver: YOUNG, C. *Op. cit.*, p. 74.

³⁵⁴ *Ibid.*, pp. 76-77.

³⁵⁵ Con una HR baja el tejido se mantiene flexible, pero no el resto de estratos. Si es mayor del 80%, el lino será rígido y desarrollará fuerzas elevadas. Las capas serán flexibles pero débiles, estando en claro riesgo de delaminación. El rango de estabilidad de la cola de huesos es de 35% a 70% de HR y la de cola de esturión de 15% a 40% HR. MECKLENBURG, M.F., LÓPEZ FUSTER, L. *Op. cit.*, p. 58. MECKLENBURG, M. *Op. cit.*, pp. 112, 120.

³⁵⁶ *Ibidem*. PEREZ MIRALLES, J. *Restauración de obras de gran formato sobre soporte textil. Experimentación y metodología*. Tesis doctoral inédita. Facultad BB.AA., Universidad Politécnica de Valencia, 2003.

³⁵⁷ Algunos pigmentos como la tierra sombra o el blanco de titanio producen capas débiles y quebradizas, al igual que el blanco de zinc, que aunque quebradizas son extremadamente fuertes. MECKLENBURG, M. *Op. cit.*, pp. 40, 116, 119, 124-155.

relativamente reducida en comparación con la madera y las colas animales³⁵⁸.

Por otro lado, no hay que olvidar que durante el envejecimiento, los estratos suelen hacerse más rígidos y quebradizos por pérdida de elasticidad del aglutinante, volviéndose más sensibles a la humedad³⁵⁹.

La exposición directa al agua y a niveles altos de HR, no solo tiene graves consecuencias para los soportes textiles o estratos elaborados con colas orgánicas. También algunos pigmentos presentes en los óleos, como los ocreos y tierras, mostrarán una gran sensibilidad debido a su contenido en arcillas (las capas se hidrolizan e hinchan)³⁶⁰.

¿Y qué ocurre a la inversa? Cuando un material es desecado se produce un aumento del estrés tornándose quebradizo. No es difícil observar levantamientos con forma de tejado producidos por encogimiento de los soportes textiles, así como en forma plana en los que la pintura flota sobre el soporte³⁶¹. De ahí, que el rango de seguridad para muchos materiales pictóricos se encuentre entre 35-60% HR³⁶².

Respecto a la temperatura, señalar que afectará al comportamiento mecánico de los materiales según sea su temperatura de transición vítrea (Tg) (ver Capítulo 6), así como efectos irreversibles en caso de ser elevada o demasiado baja (cambio de estado de una capa de flexible a rígida)³⁶³.

En definitiva, bajo condiciones continuadas de estrés, ya sea debido a condiciones ambientales, a vibraciones o golpes, se desencadenará la pérdida de adhesión y de materia. Por tanto, si las capas presentan puntos

³⁵⁸ MECKLENBURG, M.F., LÓPEZ FUSTER, L. *Op. cit.*, p. 55.

³⁵⁹ Sin entrar en más detalles, decir que las pinturas al óleo no envejecidas poseen un comportamiento similar al de las pinturas acrílicas. Por su parte, las alquídicas son menos flexibles que las acrílicas, volviéndose más rígidas con el envejecimiento. Al igual que ocurre con las colas naturales debido a la formación de redes tridimensionales. Generalmente, los temple de cola, caseína o huevo o las técnicas mixtas en las que se mezclan distintas cargas o pigmentos, poseen una menor flexibilidad que otras técnicas pictóricas modernas. *Ibidem*, p. 54. SCICOLONE, G. *Op. cit.*, p. 34. Ver: YOUNG, C. *Op. cit.*, pp. 255-256.

³⁶⁰ *Ibid.*, p. 40. MECKLENBURG, M. *Op. cit.*, pp. 109, 116, 119-155.

³⁶¹ SAN ANDRÉS, M., DE LA VIÑA, S. *Op. cit.*, p. 373.

³⁶² *Ibid.*, p. 40. MECKLENBURG, M. *Op. cit.*, pp. 109, 116, 119-155.

³⁶³ MECKLENBURG, M. *Op. cit.*, pp. 104-105.

débiles, acabarán por fallar (hagamos memoria: craquelados, grietas, un estrato aplicado sobre otro frágil o poco poroso, otro de gran grosor o con pérdida de flexibilidad, etc.).

Sin duda, otro de los factores externos que más contribuye a la aparición de estos problemas, tiene que ver con los **accidentes** (ver punto 4.1), durante la manipulación (ver fig.), exhibición y almacenaje de las obras, trayendo consigo graves consecuencias para la conservación de las obras de arte³⁶⁴.

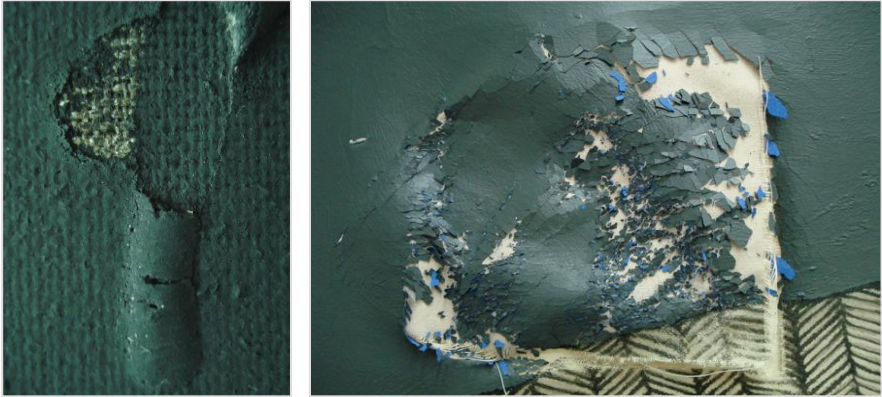


Fig. 95. Arranque de texturas: *Paisaje*, Carmen Calvo, 1986.

Fig. 96. Desprendimiento de la capa pictórica por un golpe unido a la pobre adhesión del estrato pictórico: *El màgic tanca un cercle*, Enric Solbes.

Como decíamos, un golpe seco, una caída, un simple roce, una ligera presión por el reverso, las vibraciones durante un transporte, un embalaje incorrecto (Fig. 95-96), han ocasionado erosiones, el arranque de texturas, la rotura del estrato de color sometido a tensión, la pérdida de película pictórica, el desgarrar del soporte unido a problemas de adhesión y desordenación de estratos y partículas, el pegado y arranque de gruesos a los materiales de embalaje, así como el desprendimiento de elementos de las llamadas “pintura-objeto”. Otras veces, han sido las roturas en la conducción de agua,

³⁶⁴ SCHINZEL, H., HUISGEN, M. “Ejemplos de alteraciones típicas en el arte contemporáneo”. *Restauración de pintura contemporánea*. Op. cit., p. 36.

en las instalaciones de aire acondicionado y calefacción, las causantes de que la pintura saltara por el hinchamiento del soporte y el resto de capas³⁶⁵.

Las ampollas producidas por acción del fuego, velas, estufas e iluminación, corresponden por su forma a una tipología concreta de alteración. Según Nicolaus, suelen generarse con mayor rapidez en los tonos oscuros (tierras), colores que por otra parte, contienen cantidades más elevadas de aglutinante³⁶⁶.

A las alteraciones producidas por accidentes comunes, cabría añadir aquellos daños causados en grandes **desastres** o durante acciones intencionadas como serían las **agresiones, atentados y robos**. La obra *El grito* de Munch (óleo, temple, caseína y crayón sobre cartón), sufrió en 2004 la pérdida de partículas de pintura, por este último motivo (fig.)³⁶⁷.

Finalmente, hacer referencia a la **corrosión de elementos metálicos** y a la **acción de agentes biológicos** como agentes capaces de producir fallos de adhesión en los estratos de color.



Fig. 97. Rotura y desprendimiento de texturas en pintura vinílica por enrollado hacia el interior.

Así como a aquellos producidos por **intervenciones o manipulaciones incorrectas**, como serían los sentados de color con colas demasiado fuertes o débiles, el tensado excesivo de lienzos, el choque térmico producido durante el uso de mesas o espátulas calientes, la acción no controlada de la humedad, o el enrollado de una obra con la capa pictórica hacia el interior (Fig. 97)³⁶⁸.

³⁶⁵ ILLA MALVEHY, C. "El embalaje y el transporte del arte contemporáneo". *Actas IX Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*, Sevilla, 1992. HOPPMAN, A., SHUBERT, A. *Op. cit.*, pp. 81-89.

³⁶⁶ BERGER, G., RUSSELL, W. *Op. cit.* ESCOHOTADO, M^a T., RODRIGUEZ, C., CARRETERO, M^a. L. *Op. cit.* NICOLAUS, N. *Op. cit.*, p. 194-195.

³⁶⁷ VV.AA. "Conservation of *Scream and Madonna*". *Op. cit.*

³⁶⁸ El blanco de zinc y titanio sufren de forma muy negativa al ser deformados, aunque por otro lado son bastante estables frente a la HR. MECKLENBURG, M. *Op. cit.*, pp. 40, 116, 119, 124-155.

4.2.2. Falta de cohesión. Pulverulencia de los estratos de color:

La pulverulencia es un problema de cohesión de los estratos pictóricos, que se da con menor frecuencia que el desprendimiento en escamas (Fig. 98). Sin embargo, es un caso de alteración típica de la pintura contemporánea.

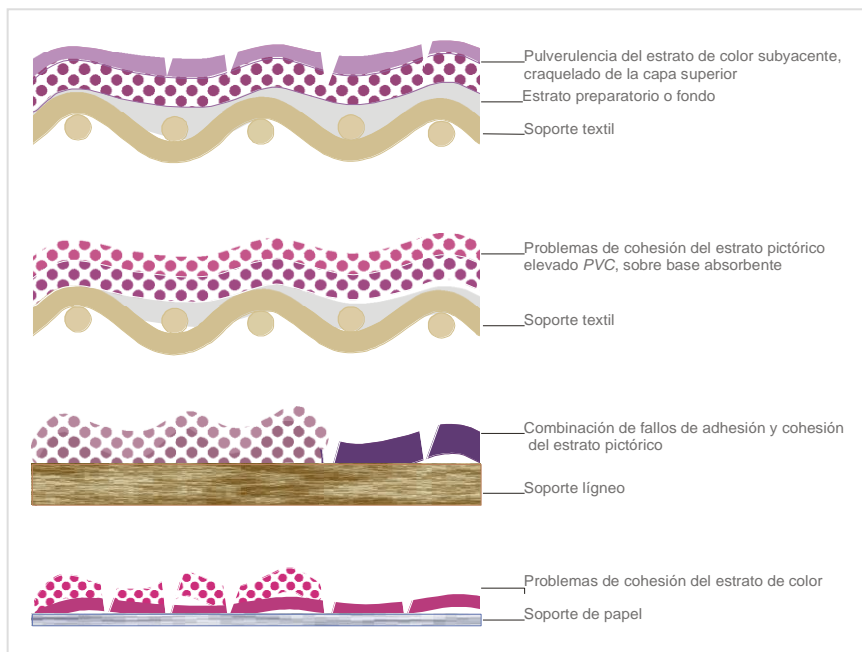


Fig. 98. Ejemplos de fallos de cohesión y adhesión sobre distintos soportes.

Al respecto, Heinz Althöfer señala que fue un tipo de deterioro muy extendido en los inicios del Expresionismo y en la pintura Surrealista³⁶⁹. Períodos en los que los artistas, tal y como explicamos en el capítulo 3, realizaban sus obras descartando la aplicación de capas de barniz o pinturas con apariencia brillante. Tendencia que llega hasta nuestros días.

³⁶⁹ ALTHÖFER, H. *Op. cit.*, p. 15. BERINI, G. "Los acabados mate en la obra de Salvador Dalí". *Restaurando arte contemporáneo. Georgina Berini-textos y testimonios*. Zaragoza: Pórtico, 2009, pp. 109-128.

No obstante, se observa también en obras pictóricas tradicionales. Sería el caso de la pulverulencia de las pinturas al temple en retablos góticos, de los temples de cola y caseína aplicados sobre soporte textil o ciertos estratos preparatorios absorbentes³⁷⁰. Tratándose de una cuestión muy extendida también en colecciones etnográficas, sobre todo en objetos y artefactos policromados de factura indígena³⁷¹.

Al igual que la falta de adhesión, la pulverulencia puede afectar a zonas puntuales, a uno o a varios estratos, o a grandes áreas de pintura, si bien, a diferencia de la anterior, el tamaño de las partículas desprendidas es del orden de micras (Fig. 99).



Fig. 99. Pigmento azul ultramar sobre hierro.

El origen de este tipo de alteración debe buscarse en la acción conjunta de factores externos e internos. Y más concretamente, en la degradación, ausencia y/o insuficiencia del aglutinante aplicado, como principales causas de su aparición en arte actual.

La ausencia o aplicación insuficiente del medio suele relacionarse con el gusto por los acabados mates (ver capítulo 3). Es decir, en cuanto a la **técnica y los materiales empleados** por el artista³⁷².

³⁷⁰ Cfr. KURELLA, A. "Paintings in aqueous media on Late Gothic Retables. Problems and Possibilities regarding the Conservation of Matte and partially Monochrome Paint". *Untersuchung und Festigung von polychromen Bildwerken. Symposium 2005, Residenz München, Max-Josef-Saal*. [En línea]. <www.restauratoren.de>. [Consulta: 21/01/05].

³⁷¹ Cfr. BROWN, J. "Matte paint, its history and technology, analysis, properties, and conservation treatment, with special emphasis on ethnographic objects". [En línea]. *WAAC Newsletter*, vol. 8, nº 1, enero. Los Ángeles: WAAC, 1986. <<http://palimpsest.stanford.edu>>. [Consulta: 27/01/05].

³⁷² Cfr. SOMMERMEYER, B. *Konsolidierung matter, pudriger Malschichten aus dem Bereich der modernen Kunst*. Stuttgart: SABK, 1998. Abstract tesis. [En línea]. INCCA Project. <www.incca.org>. [Consulta: 12/12/03 y 23/10/05].

¿Pero cómo afecta el acabado de una obra, respecto a la aparición de problemas de cohesión en los estratos pictóricos?

Volviendo a lo anteriormente expuesto en el capítulo anterior, cabe recordar que además del uso de distintas cargas o sustancias matificantes, un medio para obtener acabados no brillantes consiste en mezclar los pigmentos con poco aglutinante³⁷³. Otros residen en la utilización de bases absorbentes, aglutinantes que aportan este tipo de acabados (colas animales y vegetales), así como distintos métodos de aplicación.

Y es que, junto al número de capas, el sistema a través del cual se aplica un material (bien sea por decantación, pulverizado, esparcido, mediante brocha o pincel, etc.), posee también, una influencia directa en el grado de pulverulencia resultante en la capa de color, según Karin Temme³⁷⁴.

Así, puede decirse que en cualquiera de estas opciones se encuentra un modo de controlar a la baja la cantidad de aglutinante existente en un determinado estrato. Pues, a menor cantidad de aglutinante mayor la porosidad superficial y mayor el aspecto mate.

Lo cierto es, que la gran mayoría de pinturas mates, realizadas con intencionalidad artística o no, contienen pequeñas cantidades de medio. Es decir, se componen de un elevado porcentaje de volumen de pigmento (*Pigment Volumen Concentration, PVC*), en relación con el volumen de aglutinante utilizado (ver punto 4.3 y Fig. 100)³⁷⁵.

He aquí la cuestión, dado que este hecho las hace especialmente vulnerables, puesto que con ello se obtienen pinturas con una resistencia mecánica baja y con una elevada fragilidad frente a los factores de alteración. Esto significa que una pintura con un elevado *PVC*, tendrá una apariencia pulverulenta, unida a unas pobres propiedades cohesivas y adhesivas³⁷⁶.

En resumen, puede decirse que el *PVC*, es un valor decisivo en cuanto a las propiedades físicas y mecánicas de las pinturas. Este, llega a caracterizar el

³⁷³ HORIE, C.V. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*. London: Butterworth, Heinemann, 1987, p. 106.

³⁷⁴ TEMME, K. "Mediciones del brillo y del grado de pulverulencia". *Restauración de pintura contemporánea*. *Op. cit.*, pp. 77-88.

³⁷⁵ HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Ed.). *Op. cit.*, p. 36.

³⁷⁶ KLEIN, E. *Op. cit.* pp. 3-5.

comportamiento de un material al influir de forma directa sobre su manufactura, aplicación, apariencia, contracción, resistencia, elongación o rigidez³⁷⁷.

Por ejemplo, el origen de muchos craquelados en obras Tàpies realizadas con pinturas espesas (3 mm) y muy texturizadas, se encuentra en la utilización de mezclas de arena o mármol triturado mezclado con barniz de base alquídica en volúmenes de concentración de pigmento cercanos al 80%-85% y 90%³⁷⁸.

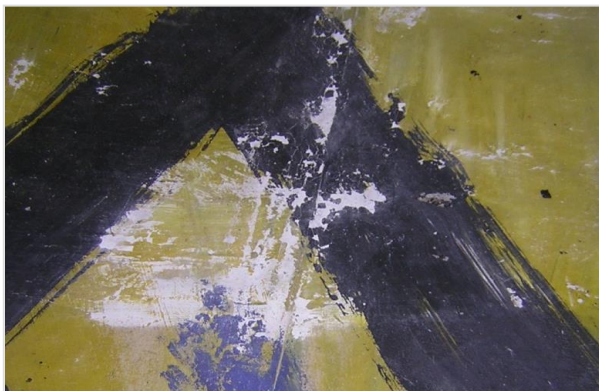


Fig. 100. Fallo cohesivo de una obra realizada con látex y pigmento en los 80. V. Peris y Uiso Alemany.

Así mismo, con la reducción de la cantidad de aglutinante, a la vez que se da una mengua del brillo, se produce una disminución de la flexibilidad y de la resistencia, unida a un aumento de la porosidad y de la permeabilidad³⁷⁹.

Al respecto, cabe señalar, que para cada tipo de pigmento existe un porcentaje de absorción de aglutinante. Se trata de tasas calculadas y empleadas por la industria en la fabricación de pinturas, pero también conocidas empíricamente por los artistas. Por ejemplo, una tierra absorbe normalmente más cantidad de medio que un pigmento blanco.

³⁷⁷ *Ibidem*. CIVIL PLANS, I. *The matter paintings of Antoni Tàpies: a study of some mechanical properties of contemporary alkyd paint layers with high pigment volume concentration*. Queen's University, Kingston (Canadá), 2000, pp. 42-48.

³⁷⁸ CIVIL, I., MICHALSKI, S., MURRAY, A. "Cracking the "matter paintings" of Antoni Tàpies: the role of artistic intent, deterioration and underlying mechanical causes". *Preprints 13th Triennial Meeting, Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: ICOM Committee for Conservation, 2002.

³⁷⁹HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Editors). *Op. cit.*, p. 26.

Dentro de los factores internos, otras variables que afectan al deterioro de las pinturas y que provocan su fallo cohesivo, son la forma, la orientación y el tamaño de las partículas de pigmento³⁸⁰, las interacciones pigmento-aglutinante, la cantidad y el tipo de solventes empleados, el amasado y homogeneidad de las mezclas, la velocidad del proceso de secado y el grosor de las capas³⁸¹. Aquí entraría en juego la formación del artista y el ánimo de aplicar o no lo aprendido.

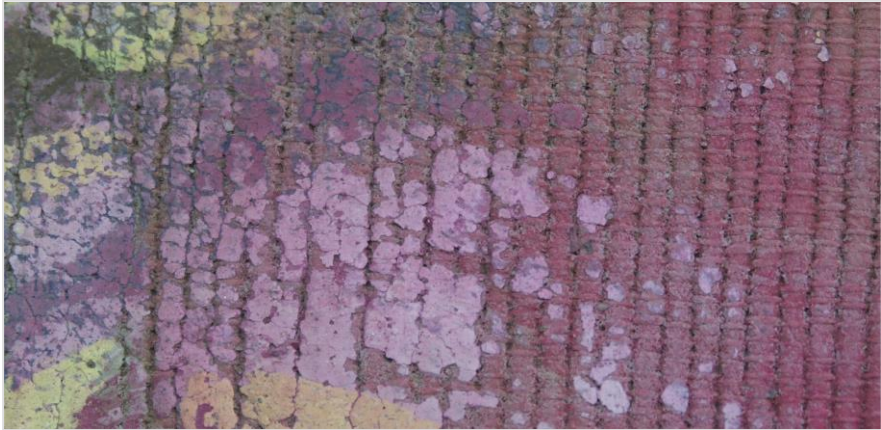


Fig. 101. Pulverulencia de la pintura del telón de boca del teatro principal de Segorbe, s. XX.

Por otra parte, la pulverulencia puede ser producto de la aplicación de un estrato de color sobre una base muy absorbente (soporte, preparación o pintura), lo cual puede llevar a la aparición heterogénea de zonas con falta de cohesión (Fig. 101). Además, con el tiempo y debido al envejecimiento, el aglutinante es susceptible de perder sus propiedades tornándose quebradizo y frágil. Claro que, siempre encontraremos unos más resistentes que otros a determinados factores de alteración.

³⁸⁰ Roche ha investigado sobre los efectos del tamaño, forma y orientación de los pigmentos en la cohesión de las pinturas, afirmando que la disparidad de medidas es la responsable del debilitamiento de la cohesión de la pintura. La presencia de defectos (burbujas, inclusiones de pigmentos, partículas), en la microestructura de los estratos puede tener un papel fundamental en su resistencia. Ver: ROCHE, A. *Op. cit.*, pp. 61-72. YOUNG, C. *Op. cit.*, pp. 73-80.

³⁸¹ ELM, A. "Some mechanical properties of paint films". *Official Digest*. 25 November. *Sine loco*: 1953, pp. 751-774. Citado por CIVIL PLANS, I. *Op. cit.*, p. 42.

Basándonos en lo anteriormente señalado, una pintura sin capa de protección, porosa y con un elevado PVC, se degradará con mayor rapidez que una capa menos permeable, al hallarse más expuesta a los efectos de la **temperatura, humedad relativa, iluminación, contaminantes atmosféricos y agentes de biodeterioro** (factores externos)³⁸².

Por ejemplo, la humedad ambiental, será absorbida con facilidad, pudiendo disgregar un estrato completo, hinchar o debilitar el medio, así como favorecer la proliferación de colonias de hongos al convertirse en un caldo de cultivo idóneo para su desarrollo.

Si se alcanzan temperaturas por encima de los rangos recomendados se producirá una deshidratación que afectará a la cohesión del aglutinante. Si por el contrario descienden, afectará a los aglutinantes acrílicos y vinílicos tornándolos más quebradizos³⁸³.

Según Matteini y Moles, la pérdida de cohesión de una capa se origina a causa de los efectos acumulativos de la deformación mecánica, a su vez producto de las oscilaciones termohigrométricas y de fenómenos químicos o biológicos. Capaces estos últimos de modificar la naturaleza de los materiales constitutivos³⁸⁴. Cuando esto ocurre, muchos de los enlaces primarios y secundarios del medio se han roto, hasta el punto en el que la estructura no puede soportar más su propio peso o cualquier otro tipo de fuerza que tenga que resistir, y retener su forma³⁸⁵. Es decir, el estrés al que es sometido, es mayor que la fuerza que mantiene intacto al film.

Esta situación puede darse en cualquier tipo de estrato de color, que no tiene que ser necesariamente mate. Sin embargo, la acción de estos factores es mucho más rápida y patente en pinturas con altos porcentajes de pigmento. Como también, en aquellas delicadas o que presenten daños considerables. Sería el caso de algunas obras de E. Munch (1863-1944) o del grupo COBRA (1948-1951). Estas últimas, realizadas con materiales pobres o de mala calidad, las cuales presentaron importantes problemas de degradación, tales

³⁸² KLEIN, E. *Op. cit.* pp. 3-5. VILLARQUIDE: *Op. cit.*, p. 77.

³⁸³ YOUNG, C. *Op. cit.*, p. 256.

³⁸⁴ Según Newman, las pinturas realizadas con proteínas y carbohidratos son más susceptibles de sufrir daños por cambios físicos o mecánicos que químicos. NEWMAN, R. *Op. cit.*, p. 33. MATTENI, M., MOLES. *Op. cit.*, pp. 301-302.

³⁸⁵ VV.AA. *Science. Op. cit.*, p. 123.

como la inestabilidad de la capa pictórica, fragilidad de las rugosidades, así como zonas pulverulentas y quebradizas³⁸⁶.

Las investigaciones llevadas a cabo por Michalski, revelaron que en estratos con concentraciones de volumen de aglutinante por debajo de un 8-10%, se necesitaban fuerzas relativamente pequeñas, como la gravedad, el aire o las cargas electrostáticas, para producir la pérdida de pigmento. Al respecto, Elise Klein afirma que con fuerzas 10 veces mayores a la gravedad, como las derivadas de las fluctuaciones termohigrométricas o las producidas por una persona tocando un film pictórico, se producen rápidamente daños en pinturas con elevado PVC³⁸⁷. Circunstancia especialmente preocupante para la mayoría de los estratos pictóricos sensibles al agua, en opinión de la autora.

Además, estas superficies son muy delicadas a la acumulación de polvo y suciedad grasa. Resultado de su porosidad y permeabilidad, la suciedad queda fácilmente atrapada y absorbida por la superficie. Según lo anterior, los **accidentes** y los daños causados por **desastres, agresiones, atentados y robos**, tendrán efectos terribles en ellas. De este modo, debido a su baja cohesión interna y a la pobre adhesión a los estratos subyacentes, tenderán al ser sometidas a estrés, a desmenuzarse y a desprenderse en pequeñas partículas. Este estrés al que hacemos referencia, contempla tanto el producido por variaciones de humedad y temperatura, como el causado por cualquier tipo de manipulación o vibración.

Así mismo, la carencia de barnices de protección, además de favorecer la acumulación del polvo superficial, propiciará el peligro de pérdida de material, barrido o emborronado del color frente al efecto de los roces y erosiones. Esto es especialmente importante en obras que combinan técnicas como el pastel, tiza, grafito, carboncillo o deposición de pigmentos, con otras como el acrílico, la cera, la fotografía o el papel, etc. Sobre todo a la hora de ejecutar los trabajos de extracción semanal del polvo en los museos de arte contemporáneo, dado que podrían dañarse.

Pensemos por ejemplo en los dibujos realizados con estos materiales sobre lienzo de Jean-Michel Basquiat (1960-1988). O en las ejecutadas por otros

³⁸⁶ MUNCH MUSEET. <www.munch.museum.no>. *Op. cit.*, [Consulta: 06/08/08]. ASLAKSBY, T. *Op. cit.*, pp. 35-43. RIGHI, L. *Conservar el arte contemporáneo*. San Sebastián: Ed. Nerea, 2006, p. 147.

³⁸⁷ KLEIN, E. *Op. cit.*, p. 5.

muchos autores como Manolo Boix (1942-) o Ross Sinclair (1966-), en las que pueden observarse estas prácticas. Como también, en las delicadas superficies de pigmento de Yves Klein (1928-1962), muchas de ellas protegidas, por este motivo, bajo vitrinas o campanas³⁸⁸. Es por ello, por lo que se desaconseja enmarcar los dibujos al pastel con vidrios tocando directamente la pintura o con tal proximidad que puedan ser cargados con electricidad electrostática al ser limpiados por frotación, puesto que el pigmento queda adherido a ellos.

Ya vemos, por tanto, cómo el almacenaje de estas obras se convierte en una tarea realmente compleja, que requiere una especial atención y preparación.

Aparte de lo comentado, deben contemplarse los problemas de cohesión ocasionados por el fuego, calor, agua en superficies hidrófilas, sustancias químicas, etc., como agentes causantes de pulverulencia. En ellos, la degradación del estrato pictórico vendría dada por la calcinación, hinchamiento y/o corrosión de sus componentes.

Tal y como sucedía en el caso del desprendimiento de las capas pictóricas (punto 4.2.1.), los **tratamientos inadecuados** de conservación restauración pueden agravar los daños presentes en una obra y provocar la aparición de este tipo de alteración. Nos referimos a las limpiezas agresivas por el uso de disolventes o jabones fuertes, a la acción de ácidos y bases, a los barridos con paños o plumeros, a la extrema presión sobre escamas con problemas cohesivos que acaban por disgregarse, a aquellos estratos que han perdido cohesión por desecación a raíz de un exceso de temperatura, a los enmarcados incorrectos, etc³⁸⁹.

Finalmente, recalcar que las particularidades de las pinturas con elevados PVC, no sólo las hacen vulnerables en cuanto a su conservación, si no que complican aún más si cabe el buen resultado de los tratamientos de restauración aplicados sobre ellas (ver C.7).

³⁸⁸ WEITEMEIER, H. *Yves Klein*. Köln: Taschen, 2005. EMMERLING, L. *Basquiat*. Köln: Taschen, 2007; Web Manuel Boix. L'Alcudia, 2007. <www.manuelboix.com>. [Consulta: 17/07/08]. Web Ross Sinclair. <www.rosssinclair.co.uk>. [Consulta: 17/07/08].

³⁸⁹ MATTENI, M., MOLES. *Op. cit.*, p. 272. LINDNER, S., VITORIA, A., ALBA, L. *Anselm Kiefer at the Guggenheim Museum Bilbao: Towards a New Methodology for the Preventive Conservation of Contemporary Artworks*. [En línea]. Bilbao: FMGB Guggenheim Bilbao, 2007. <www.guggenheim-bilbao.es>. [Consulta: 01/01/08].



5. POLÍMEROS EMPLEADOS EN LAS INTERVENCIONES DE ADHESIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE PINTURA ACTUAL

5. POLÍMEROS EMPLEADOS EN LAS INTERVENCIONES DE ADHESIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE PINTURA ACTUAL

Si los capítulos anteriores se centraron en los materiales, técnicas y principales alteraciones de los estratos pictóricos en pintura actual, en este apartado consideramos necesario realizar un paréntesis dedicado a los productos empleados en su tratamiento, con motivo de servir de nexo de unión y garantizar la mejor comprensión de los conceptos expuestos previa y posteriormente.

5.1. POLÍMEROS EMPLEADOS:

En las intervenciones de estabilización de pintura de caballete en general, utilizamos una serie de sustancias con propiedades adhesivas y cohesivas, que no son otra cosa que polímeros, cuyo origen puede ser natural, semisintético o sintético³⁹⁰.

³⁹⁰Un **polímero** es una molécula de grandes dimensiones formada por la repetición de pequeñas unidades estructurales fundamentales denominadas **monómeros**. Cuya unión se produce mediante enlaces covalentes a través de reacciones de polimerización. Se clasifican en **homopolímeros** (un solo tipo de unidad de repetición: Ej. Monómero A, polímero $-(A-)_n$ Ej. $-A-A-A-A-A-A-n$) y **copolímeros** (más de un tipo con disposición regular o irregular: Ej. $-A-B-A-B-A-B-n$; $-A-A-B-A-B-B-n$) Siendo "n", el número de monómeros unidos, según el **Grado de Polimerización DP**. Los polímeros contienen del orden de cientos, miles a millones de átomos y su Peso Molecular alcanza cifras superiores a 5.000 uma.



Fig. 102. Esquemas de las estructuras de los polímeros.

Según la disposición espacial de las cadenas, hablaremos de **polímeros lineales** (a), **ramificados** (b) o **tridimensionales** (c).

Fig. 102. Las cadenas principales pueden estar formadas por átomos del mismo tipo (**homocadena**) o diversos (**heterocadena**) Por su origen, pueden ser naturales, semisintéticos y sintéticos. La polimerización puede ser por **poliadición** (típica de las moléculas insaturadas con un iniciador y terminador para bloquear la reacción: Ej. Etilen, $CH_2=CH_2$) o **poli-condensación** (reacción de dos moléculas con grupos funcionales reactivos que reaccionan eliminando una pequeña molécula y condensando (Ej. Ácido carboxílico + alcohol = éter). La Bakelita fue el primer polímero sintético (1909, Baekeland).

Tradicionalmente en nuestro país se han utilizado polímeros orgánicos naturales como la cola de conejo o la llamada *coletta* italiana, a los que posteriormente se sumaron diversos polímeros semisintéticos y sintéticos como el Klucel® G, el Paraloid® B72, el Primal® AC33, el Plextol® 500, o la Beva® 371, entre otros.

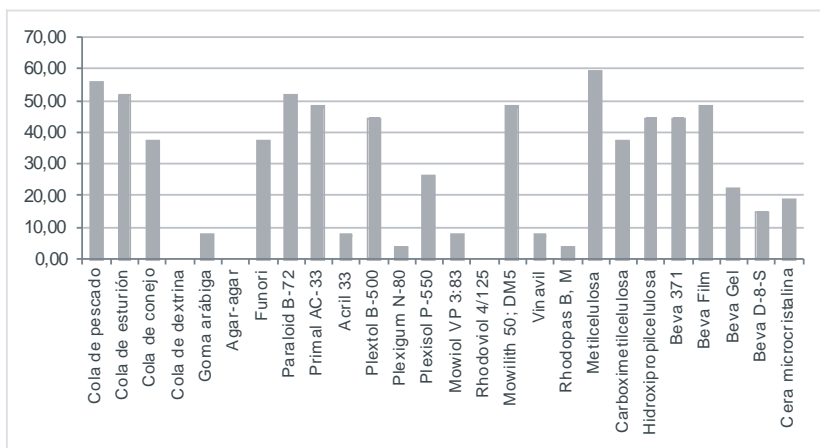


Fig. 103. % de productos empleados según los encuestados.

¿Qué polímeros suelen emplearse en estabilización de pintura actual? El gráfico anterior recoge los materiales más utilizados a escala mundial según los resultados de las encuestas realizadas a conservadores restauradores de pintura contemporánea entre 2005 y 2008³⁹¹ (Fig. 103):

Sus propiedades están determinadas por la naturaleza química de los monómeros, por su masa molecular y estructura (a mayor grado de polimerización, mayor viscosidad, Tg y punto de reblandecimiento). Dependiendo de esta y de las fuerzas intermoleculares, serán amorfos, cristalinos o semicristalinos (Pto. 6.2.3.2.2). Ver: BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Le resine sintetiche usate nel trattamento di opere policrome*. Saonara: Il Prato, 2005. pp. 9-44. VV.AA. *Science for Conservators. Adhesives and Coatings*. Vol. 3. New York: Museums & Galleries Commission and Routledge, 2002, pp. 25-44. Cfr. Macrogalleria, *A Cyberwonderland of Polymer Fun*. [En línea]. Hattiesburg: University of Southern Mississippi USA, Department of Polymer Science, 1995-1996. <www.psrc.usm.edu>. [Consulta: 23/05/08].

³⁹¹ Ver: Capítulo 2. PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C. "Intervenciones de adhesión y consolidación de capas pictóricas no protegidas en pintura

Entre los que encontramos la metilcelulosa (59'26%), la cola de pescado (55,56%), la cola de esturión y el Paraloid® B-72 con un 51'85%, el Primal® AC-33 (su producción finalizó en 2002), el Mowilith® DM5, la Beva® Film con un 48,15%, el Plextol® B-500, la Beva® 371 y la hidroxipropilcelulosa con un 44,4% y el funori con un 37,04%, el Plexisol® P-550³⁹² con un 25'93%, etc., seguido del resto de sustancias.

Junto a los materiales sugeridos en el formulario, existe un amplio abanico de productos y marcas comerciales utilizadas con los mismos fines. Entre ellos, los entrevistados citan el almidón de trigo, la gelatina, mezclas de almidón y acetato de polivinilo, JunFunori®, Butvar® R-79, Jade®R, Aquazol® 50, 200 y 500, Lascaux® Medium for Consolidation, Lascaux® Hydro Grund, Paraloid® B-48-N, Akeogard®, Ciclododecano, etc.

Por otra parte, algunos de los restauradores encuestados señalaron como productos no recomendables en estas intervenciones, el Primal® AC-33, Beva® Gel, Beva® 371, los alcoholes polivinílicos y la hidroxipropilcelulosa, debido a los problemas de reversibilidad y mal envejecimiento; los productos a granel (a causa de problemas de calidad y autenticidad) y las mezclas de adhesivos (por el desconocimiento de su evolución y envejecimiento). Además, descartaron las resinas sintéticas en el tratamiento de *gouaches*, acuarelas y óleos sobre papel debido al riesgo de reticulación y a sus limitadas capacidades de humectación, junto con el Paraloid® B-67 debido a su baja temperatura de transición vítrea.

Ante este panorama de productos y sugerencias, que tal vez se antoja caótico, el conservador restaurador debe contar con la mayor y más completa información sobre los materiales que utiliza, superando la frontera de la mera marca comercial. Solo así será capaz de seleccionar el producto más adecuado a cada obra según los materiales constitutivos, la técnica, el acabado y el tipo de patología presentada (ver Capítulo 7).

Veamos a continuación, qué son, cómo se clasifican y cuáles son las principales características de los polímeros anteriormente referenciados.

contemporánea. Resultados del cuestionario". *Conservación de Arte Contemporáneo. 9ª Jornada*. Madrid: MNCARS, 2008.

³⁹² Según Cremonesi y Borgioli, el polímero más empleado actualmente en Italia para la consolidación de capas pictóricas.

5.2. CLASIFICACIÓN POR ORIGEN Y PRINCIPALES PROPIEDADES:

Los polímeros pueden clasificarse de distintos modos, según su origen, composición, formación, aplicación, tipo de fase, función, etc. (Tabla 11)³⁹³.

Tabla. 11. Clasificación de polímeros según la junta adhesiva.

	Naturales	Origen mineral: cementos y colas Origen animal: cola de esturión Origen vegetal: funori		
	Polímeros no reactivos o prepolymerizados		Soluciones acuosas de origen natural	PVP (Polivinilpirrolidona) PEG (Polietilenglicol)
Sintéticos		Soluciones orgánicas sintéticas	Caucho natural Polienos	Polidienos Elastómeros termoplásticos (SBR)
		Emulsiones o líquidas	PVC Polietileno	Poliacetato de vinilo Poliacrílicos (acrílicos y metacrílicos)
		Fase sólida Sensibles presión	De contacto Reposicionables	Reactivables por calor Cintas adhesivas
		Termofusibles o hot melts	Polietileno EVA	Poliamidas Poliésteres
Polímeros reactivos	Sintéticos	Por poliadición	Anaeróbicos Acrílicos Cianocrilatos	Siliconas poliadición Poliésteres Polisulfuros
		Por policondensación	Poliuretanos Epoxis	Siliconas de policondensación Fenólicos

Una de las clasificaciones de mayor utilidad es la que los divide en dos grupos fundamentales según el mecanismo de formación de la junta adhesiva: reactivos y no reactivos o prepolymerizados³⁹⁴. Así, al comparar ambas tablas podemos apreciar que las sustancias de las que nos servimos en los tratamientos de adhesión y consolidación corresponden a una

³⁹³ ALLEN, K.W. "Adhesion and Adhesives-Some Fundamentals". *Adhesives and Consolidants*. Preprints of the Contributions to the Paris Congress. London: IIC, 1984. MARTÍN MARTÍNEZ, J.M. *Adhesivos Vol.I. Op. cit.*, pp. 141-154.

³⁹⁴ Adhesivos prepolymerizados: el polímero existe antes de la aplicación. Reactivos: constituidos por monómeros o cadenas oligómeras que polimerizan tras aplicar el adhesivo. Por ello, descartamos este segundo grupo. VV.AA. *Teoría de la adhesión. Op. cit.*, pp. 21-22.

pequeña parte de una amplia gama de polímeros ofrecidos por la industria. Con motivo de desarrollar el presente capítulo de un modo claro, hemos seguido un esquema basado en su origen y composición (Tabla 12).

Tabla. 12. Polímeros empleados en estabilización de pintura actual según su composición.

Compuestos orgánicos	Naturales	Polisacáridos: Funori, Jun® Funori		
		Proteínas: Cola de esturión		
	Artificiales	Sintéticos	Semisintéticos	Éteres de celulosa
			Resinas polivinílicas y derivados vinílicos	Acetato Polivinilo PVAc
		Alcohol Polivinilo PVAI		
		Resinas de Polivinil Butiral		
		Polivinilacetales		
		Copolímeros de etilen vinilacetato EVA		
		Resinas acrílicas		Sólidas
			En dispersión	
	Polímeros de amidas terciarias alifáticas PEOX			
	Polímeros fluorados			
	Hidrocarburos: Ciclododecano			

5.2.1. Compuestos naturales orgánicos:

Se trata de compuestos orgánicos extraídos de animales y plantas, cuyo uso se remonta a la Prehistoria y llega hasta nuestros días, si bien, a partir del siglo XIX, con la introducción de los materiales sintéticos, su utilización decae y deja de ser exclusiva. Los hallamos como adhesivos y aglutinantes en diversas técnicas pictóricas (temples, pasteles, acuarelas, y técnicas mixtas). Están formados por largas cadenas carbonatadas que contienen átomos de carbono, hidrógeno y a veces oxígeno y nitrógeno. Según sea su solubilidad, se clasifican en sustancias hidrófilas y lipófilas³⁹⁵.

³⁹⁵ **Lipófilos** (solubles o hinchables en disolventes orgánicos no polares: aceites secantes, ceras, resinas naturales y betunes) o **hidrófilos** (solubles e hinchables en agua: proteínas, gomas y almidones). GÓMEZ, M^a L. *La Restauración. Examen científico aplicada a la conservación de obras de arte*. Madrid: Cátedra,

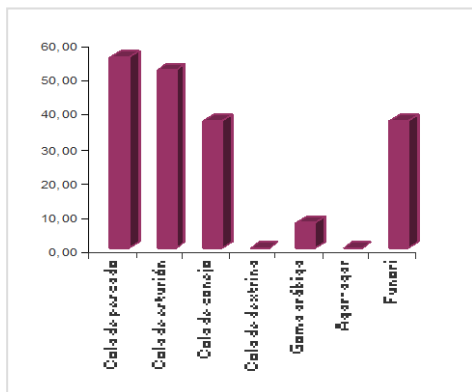


Fig. 104. % adhesivos naturales en tratamientos adhesión y consolidación pintura actual.

Debido a que en las intervenciones de estabilización de pintura actual, empleamos las primeras, por mucho tiempo solubles en agua, nos centraremos en los polisacáridos y proteínas, descartando las sustancias lipófilas³⁹⁶. Tal y como puede apreciarse en la Fig. 104, destaca el uso de las colas de pescado y esturión, seguidas del funori y la cola de conejo³⁹⁷. Así mismo, cabe señalar, que puntualmente se han empleado

otros compuestos como el almidón, la goma arábiga, o sus mezclas, etc.³⁹⁸.

5.2.1.1. Polisacáridos:

Los polisacáridos o glucanos pertenecen al grupo de los glúcidos, que son las biomoléculas más abundantes de la naturaleza (Fig. 105). Los encontramos en la mayoría de los organismos, dónde realizan funciones de reserva energética o estructurales.

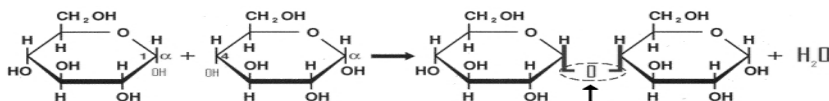


Fig. 105. Enlace α -glucosídico. Formación de disacáridos. González Mañas.

2000, pp. 87 y 160. MATTEINI, M., MOLES, A. *Ciencia y restauración. Método de investigación*. Guipúzcoa: Nerea, 2001, p. 201.

³⁹⁶ Se han utilizado otros productos naturales o derivados como la cera (no es un polímero) o la cera-resina. Los polisacáridos y proteínas están recomendados para ser nebulizados (Capítulo 7).

³⁹⁷ En ocasiones, se confunde la cola de pescado con la gelatina extraída a partir de despojos de reses y cerdos.

³⁹⁸ GARCÍA GÓMEZ-TEJEDOR, J. "Sentado de color en una obra mate". *Boletín de Información Productos de Conservación S.A.* Octubre, Nº 41. Madrid: Productos de Conservación S.A., 1999.

Se trata de carbohidratos de elevado peso molecular compuestos por centenares o miles de monosacáridos (azúcares sencillos), o sus derivados, unidos por enlaces *O*-glucosídicos, formando cadenas largas. Por lo que resultan insolubles en agua (celulosa), o bien, forman dispersiones coloidales (almidón)³⁹⁹.

Según Nelson y Cox, a diferencia de las proteínas, los polisacáridos no suelen tener masas moleculares definidas, pues su síntesis depende sólo de los enzimas que catalizan la polimerización por condensación de las unidades monoméricas. La acción alterna de varios enzimas produce un polímero con una secuencia que se repite con precisión, pero la longitud exacta varía de molécula a molécula dentro de unos valores determinados, formando estructuras lineales (ej. celulosa y amilosa), o tridimensionales (amilopectina y gomas polisacáridas). Los polisacáridos son polímeros constituidos por cientos o miles de moléculas de monosacárido, que se dividen en homopolisacáridos y heteropolisacáridos según la naturaleza de

³⁹⁹ El grupo de los **glúcidos** o hidratos de carbono está formado por los polihidroxialdehídos, polihidroxicetonas, alcoholes, ácidos y aminas, sus derivados simples y los productos formados por la condensación entre sí y con otros elementos, a través de enlaces glucosídicos. Los polihidroxialdehídos o polidroxicetonas, los hidratos de carbono más simples, son moléculas formadas por un esqueleto carbonado (C-C-C...), en el que todos los carbonos presentan la función alcohol, a excepción de uno que posee el grupo carbonílico (aldehído o cetona). La fórmula general de los glúcidos es $(CH_2O)_n$, pero no todos la cumplen debido a la presencia de otros grupos funcionales en la molécula (ácidos carboxílicos, aminas y derivados, ésteres entre un grupo alcohol y el ácido sulfúrico o el ácido fosfórico, etc.). Se clasifican en osas o monosacáridos (carbohidratos más simples) y ósidos (glúcidos formados por la unión de monosacáridos mediante enlaces glucosídicos). En el mundo del arte, los glúcidos se han empleado como plastificantes (la miel o la melaza de caña son disacáridos).

Los **monosacáridos** son los glúcidos más simples. Sus moléculas, sencillas y no hidrolizables, pueden estar formadas por tres y nueve átomos de carbono, siendo las unidades o monómeros a través de los que se forman los demás hidratos de carbono. Son sólidos incoloros y cristalinos solubles en agua e insolubles en disolventes no polares. Se subdividen en aldosas y cetosas según la localización del grupo carbonilo. Según el número de carbonos en su cadena hablamos de tetrasas, pentosas o hexosas, etc. Ej.: glucosa (aldohexosa).

LEHNINGER, NELSON, COX. *Principios de bioquímica*. Barcelona: Omega, 1995, pp. 298-320 y PANADERO, E., VANRELL, J., GRANDMONTAGNE, C. *Biología*. Madrid: Bruño, 1990, p. 71. SAN ANDRÉS, M., DE LA VIÑA, S. *Fundamentos de química y física para la conservación y restauración*. Madrid: Síntesis, 2004, pp. 261-267.

sus unidades monoméricas repetitivas, en la longitud de las cadenas, en los tipos de enlaces entre las unidades y en su grado de ramificación⁴⁰⁰.

a) Los **homopolisacáridos** se forman por la polimerización de un solo tipo de monosacárido. A este grupo pertenecen los polímeros de hexosas, entre los que se encuentran la quitina (exoesqueleto animal) y la celulosa (elemento estructural de las paredes celulares de las plantas)⁴⁰¹. A partir de este último polímero, la industria produce plásticos, explosivos, fibras, adhesivos, espesantes y gelificantes (ver punto 5.2.2.1)⁴⁰².

b) Un grupo de gran interés para la presente investigación, es el de los **heteropolisacáridos**, formados por dos o más tipos de unidades de monosacárido o derivados de monosacáridos diferentes. Se trata de componentes estructurales de la pared o membrana de secreción celular de las plantas; mientras que en los animales se hallan en el espacio extracelular manteniendo unidas células individuales y dando protección, forma y soporte a células, órganos y tejidos⁴⁰³. Pertenecen a esta clasificación la

⁴⁰⁰ NEWMAN, R. *Op. cit.*, pp. 43-46. MATTENI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 124.

⁴⁰¹ LEHNINGER, NELSON, COX. *Op. cit.*, pp. 299-308. PANADERO, E., VANRELL, J., GRANDMONTAGNE, C. *Op. cit.*, p. 81. GÓMEZ, M^a. L. *Op. cit.*, p. 100.

⁴⁰² **Celulosa**: el polisacárido más sencillo y abundante del mundo vegetal, formado por monómeros de β-glucosa mediante enlaces β-1,4-O-glucósido, con estructura lineal. La unión se da entre el OH del carbono anomérico del primer monómero y el grupo OH del C₄ del segundo. El peso molecular oscila alrededor de los 500.000 y su fórmula empírica es (C₆H₁₀O₅)_n, siendo n>100. Fig. 106.

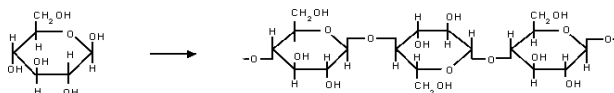


Fig. Estructura de la celulosa. Unión β-1,4-D-glucopiranososa.

Las cadenas se disponen de forma paralela estableciéndose gran cantidad de puentes de hidrógeno que le dan estructuras de gran resistencia y rigidez. Posee gran afinidad por el agua, aunque es insoluble en ella y en disolventes no polares e inservible como material filmógeno. Los grupos hidroxilo pueden reaccionar con ácidos formando ésteres y con alcoholes formando éteres. SAN ANDRÉS, M., DE LA VIÑA, S. *Op. cit.*, pp. 263-265. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, pp. 318-320.

⁴⁰³ Las gomas vegetales se caracterizan por un perfil específico y una diferente distribución porcentual de los diversos azúcares, que puede variar según la misma especie, zona geográfica o año de recolección, etc. *Ibidem*. CAMPANI, E., CASOLI, A. "Questione di affinità: la Gascromatografia/Speltrometria di Massa" *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7, 2006. Padova: Il Prato, 2008, p. 137.

hemicelulosa, el almidón (principal reserva energética de las plantas formado por dos tipos de polímero de glucosa: amilosa y amilopectina), el agar-agar, los mucílagos y las gomas (arábica, de cerezo)⁴⁰⁴. Estas últimas muy empleadas como aglutinantes artísticos.



Fig. 107-108-109. Algas Rhodophyta. Alaska. Funori y JunFunori®.

Si bien, como sustancias adhesivas y consolidantes en pintura actual, pese al uso puntual de algunas gomas, destaca el mucílago Funori y la sustancia pura comercializada por la empresa Lascaux con el nombre de JunFunori® (extracto del alga roja *Gloiopeltis furcata*). Fig. 107-109.

Los mucílagos, poseen una composición similar a las de las gomas (polímeros de azúcares como la arabinosa, la galactosa y el ácido glucurónico), aunque a diferencia de éstas y a causa de sus funciones de defensa interna, no fluyen al exterior. Una de sus propiedades más característica, es su capacidad de hincharse al contacto con el agua⁴⁰⁵. Particularidad a la que hay que sumar su capacidad para retenerla, tal y como se ha comprobado experimentalmente en el transcurso de esta investigación.

Concretamente, el funori, se obtiene a partir de tres tipos de algas rojas procedentes de las costas de Japón (*Gloiopeltis tenax* o *mafunori*, *Gloiopeltis complanata* o *hana-funori* y *Gloiopeltis furcata* o *fukuro-funori*), a través de un complejo proceso de recolección, secado, depuración y blanqueo.

⁴⁰⁴ LEHNINGER, NELSON, COX. *Op. cit.*, pp. 299-313.

⁴⁰⁵ PANADERO, E., VANRELL, J., GRANDMONTAGNE, C. *Op. cit.*, p. 84.

Las algas rojas de la familia *Rhodophyta*, a la que pertenecen las *Gloiopeltis*, se agrupan en: agares, carragenos y porfiranos. El funori se halla dentro de un subgrupo de los agares, aunque debido a sus características y estructura química, se acerca más a la de los carragenos (monómero ligeramente sulfatado)⁴⁰⁶. Así, las cadenas de polisacáridos presentes en ellos y los agares se basan en dos formas repetidas de galactosa β -D-galactosa, y la forma anhidra 3,6-anhidro- α -L-galactosa o D-galactosa (Fig. 110), las cuales constituyen una estructura en forma de doble hélice⁴⁰⁷. Este polímero está indicado en el tratamiento de películas pictóricas de acabado mate, tal y como señala Carnazza:

*“Le caratteristiche chimique del Funori lo rendono particolarmente idoneo al consolidamento di un certo tipo di pittura contemporanea, spesso senza verniciatura finale, dall’aspetto estetico che esprime purezza formale. Queste superficie richiedono di effettuare “interventi minimi”, con poca quantità di adesivo”*⁴⁰⁸.

El extracto puro JunFunori®, fue creado mediante un proyecto de investigación realizado en Suiza por *The Institute for Preservation of Monuments and Historic Buildings at the Swiss Federal Institute of Technology Zurich*

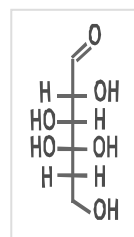


Fig. 110.
D-(+)-
galactosa
(Swider
y Smith).

⁴⁰⁶ Cfr. SWIDER, J. R., SMITH, M. “Funori: Overview of a 300-Year Old Consolidant”. *JAIC*. Vol. 44, nº 2. [En línea]. Washington: AIC, 2005. MICHEL, F., GEIGER, T., REICHLIN, A., TEOH-SAPKOTA, G. “Funori, ein japanisches Festigungsmittel für Matte Malerei”. *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*. Nº 16, 2002. [En línea]. WINTER, J. “Natural adhesives in east asian paintings”. *Adhesives and Consolidants*. Preprints Paris Congress. London: IIC, 1984. CARNAZZA, P. “Funori, adesivo di origine vegetale”. *L’Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti del congresso CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, pp. 182-184. MATSUHIRO, B., G. MILLER, L. “Soluble polysaccharides from *Rhodomenia*: Characterization by FT-IR Spectroscopy” *Boletín de la Sociedad Chilena de Química*. Nº 47, Santiago de Chile: Sociedad Chilena de Química, 2002.

⁴⁰⁷ Según la estereoquímica, el carrageno tiene ambos monómeros de galactosa unidos en la forma D, mientras que el agar tiene la anhidra en forma de L. Ambos polisacáridos se unen alternando enlaces β 1P4 y α 1P3. Los carragenos están altamente sulfatados mientras que la mayoría de agares tienen como mucho trazas sulfato. El funori posee un enlace entre los dos tipos, este contiene el agar 3,6-anhidro- α -L-galactosa pero ligeramente sulfatado como el de los carragenos. SWIDER, J. R., SMITH, M. *Op. cit.*

⁴⁰⁸ CARNAZZA, P. *Op. cit.*, pp. 182-184.

(ETH), *The Swiss Federal Materials Science and Technology Research Institution* (EMPA) y el *Centre for Conservation en el Swiss National Museum*, siendo comercializado exclusivamente por la empresa Lascaux®. Al igual que el anterior, este producto se emplea en la consolidación de pintura mate al no modificar su aspecto óptico, no provocar aureolas y conservar sus propiedades con el tiempo, si bien su poder adhesivo es bajo y mayor su viscosidad⁴⁰⁹. En definitiva, los polisacáridos poseen un poder adhesivo menor que los adhesivos de origen animal y las colas sintéticas. Las gomas vegetales son incoloras, poco adhesivas (con la ventaja de no causar contracciones excesivas del soporte durante proceso de secado), y forman disoluciones poco viscosas y reversibles en agua a largo plazo. Debido a la presencia de grupos hidroxilo, presentan una mayor sensibilidad frente a la acción de los microorganismos que las proteínas, así como una mayor reactividad. Pueden ser hidrolizadas en medio ácido, siendo muy sensibles al agua y a los contaminantes ácidos. Al degradarse forman fragmentos más pequeños y solubles, aunque en ocasiones también mallas rígidas⁴¹⁰.

5.2.1.2. Proteínas:

Las proteínas son las moléculas fundamentales en la organización celular de los seres vivos, debido a su número y a la enorme variedad de funciones desempeñadas (reserva, estructural, homeostática, transporte, defensiva, hormonal, enzimática). Se trata de polímeros formados a partir del mismo conjunto de 20 monómeros o aminoácidos, unidos por enlaces peptídicos. Dichos aminoácidos, tienen características particulares y contienen en su molécula un grupo amino (-NH₂) y un grupo carboxilo (-COOH). Su función depende de su secuencia y composición (Fig. 111).

⁴⁰⁹ GEIGER, T., MICHEL, F. "Studies on the Polysaccharide JunFunori Used to Consolidate Matt Paint". *Studies in Conservation*. Vol. 50, nº 3. London: IIC, 2005, pp. 193-204. Cfr. MICHEL, F. "JunFunori-A new medium for the consolidation of matte paint". *Symposium 2005, Residenz München, Max-Josef-Saal*. [En línea]. <www.restauratoren.de>. [Consulta: 21/01/05]. MICHEL, F., GEIGER, T., REICHLIN, A., TEOH-SAPKOTA, G. "Funori, ein japanisches Festigungsmittel für Matte Malerei". *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*. Nº 16, 2002. [En línea]. <www.empa.ch>. [Consulta: 12/01/08].

⁴¹⁰ La solubilidad en agua de los polisacáridos se debe a la presencia de un elevado número de grupos hidroxilo (-OH) capaces de formar enlaces intermoleculares con ésta, así como por la existencia de grupos carboxilo (-COOH) responsables de la formación de sales y grupos iónicos. MATTENI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, pp. 102-125, 294-295. GÓMEZ, M^a. L. *Op. cit.*, pp. 100-101.

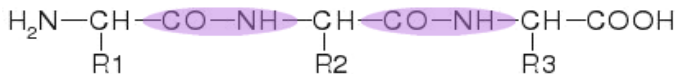


Fig. 111. Tripéptido. Enlaces peptídicos. Vázquez-Contreras.

Estas poseen un elevado peso molecular al estar constituidas por 100 a 2.000 residuos aminoácidos capaces de formar estructuras tridimensionales según cuatro niveles de complejidad creciente: primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria; que, a su vez, pueden construirse a partir de la anterior, siendo su secuencia un elemento identificador entre una proteína y otra. Algunas contienen varias cadenas polipeptídicas denominadas subunidades⁴¹¹. Además de numerosos grupos capaces de formar enlaces de hidrógeno (grupo peptídico, carboxilo, amino, etc.), lo que las hace típicamente hidrófilas. Las soluciones acuosas obtenidas, son coloidales, y por ello, sensibles al pH de las sustancias con las que se mezclan⁴¹².

Las proteínas han sido empleadas como aglutinantes y adhesivos desde antiguo (globulinas: yema y clara de huevo, lecitina, sangre; heteroproteínas: caseína; escleroproteínas: cola de pescado, cola de huesos, cola de conejo, etc.). Sin embargo, en el campo de la conservación restauración, nos servimos de una serie de *colas* que pertenecen al grupo de las **proteínas fibrilares o escleroproteínas**, cuyo componente principal es el colágeno (proteína trihélice, Fig. 112), seguido de otros en menor porcentaje como serían las sales y los aminoácidos glicina e hidroxiprolina. No obstante, los adhesivos extraídos a partir de peces, presentan ligeras diferencias en cuanto a las proporciones de los aminoácidos serina, treonina, metionina e hidroxiprolina⁴¹³.

⁴¹¹ *Ibidem*. PANADERO, E., VANRELL, J., GRANDMONTAGNE, C. *Op. cit.*, pp. 108-118. LEHNINGER, NELSON, COX. *Op. cit.*, p. 156. SAN ANDRÉS, M., DE LA VIÑA FERRER, S. *Op. cit.*, p. 270.

⁴¹² Soluciones formadas por grandes agregados moleculares llamados micelas. MATTENI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, pp. 103-106. MASSCHELEIN-KLEINER, L. *Liants, vernis et adhésifs anciens*. Bruselas: KIK-IRPA, 1983, pp. 67-77.

⁴¹³ *Ibidem*. **Colágeno** (anhídrido de gelatina): hidroxiproteína fibrosa insoluble en agua, secretada por células del tejido conjuntivo (fibroblastos). En los animales vertebrados se encuentra en la piel, córnea y tendones, etc., comprendiendo entre el 30% y el 60% del contenido de proteína total de los mamíferos. Posee una estructura compacta en forma de triple hélice dextrógira, unida por enlaces hidrógeno. El monómero precursor, se denomina tropocolágeno, formado a su vez, por el denso empaquetado de configuración levógira

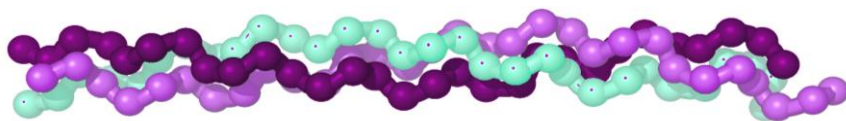


Fig. 112. Triple hélice levógira de Tropocolágeno (monómero precursor del colágeno).

Su extracción se realiza mediante el procesado de despojos (pieles, huesos, tendones y cartílagos), de distintos tipos de animales como son las vacas, cerdos, conejos o pescados. Sometidos a un tratamiento de hidrólisis ácida o alcalina del colágeno en caliente, se obtiene un producto soluble en agua, en el cual las cadenas polipeptídicas son lineales. Según el método empleado, las gelatinas y colas animales poseen un distinto peso molecular. En las fotográficas el rango es de 150.000 a 50.000, en las alimentarias de 100.000 a 20.000, y en las más fragmentadas o impuras como las colas, de 40.000 a 10.000⁴¹⁴.

de tres cadenas polipeptídicas distintas (cadenas alfa: constituidas por un polipéptido formado por la repetición de tres aminoácidos ricos en glicina, prolina e hidroxiprolina). Cada cadena contiene más de mil unidades aminoácido, con un peso molecular de 100.000 Daltons. El colágeno tiene un peso molecular entre 345.000 y 360.000, la gelatina de 10.000 a 65.000 y en casos hasta 250.000. Se han identificado cinco tipos distintos de colágeno, aunque sus aminoácidos son similares. Debido a sus particulares propiedades, flexibilidad, resistencia, retención de agua, destaca su uso cosmético y médico.

La conversión de tropo-colágeno en gelatina (producto de degradación), requiere de la ruptura de los enlaces de hidrógeno que estabilizan la hélice, transformándola en la configuración al azar de la gelatina, con la pérdida de algunas propiedades. El producto hidrolizado depende de los enlaces cruzados que queden entre las cadenas peptídicas y de los grupos reactivos terminales aminos y carboxilos libres formados. Las tres cadenas alfa no son idénticas de forma que una muestra de gelatina tiene varios pesos moleculares, esta distribución afecta a la dispersabilidad en el agua, la viscosidad, la adherencia, y la resistencia de los geles. Además, el número y tipos de enlaces covalentes que se establecen entre las cadenas aumentan con la edad del animal, influyendo en las propiedades moleculares de la gelatina resultante. Las colas de pieles pueden presentar ciertos contaminantes como taninos y conservantes. NEWMAN, R. *Op. cit.*, pp. 36, 37. WINTER, J. *Op. cit.*, p. 117. GÓMEZ, M^a. L. *Op. cit.*, pp. 102. Cfr. VARGAS TAO, A. O. "Colas animales". *Revista Ciencias. Publicaciones científicas*. Copyright© RevistaCiencias.com. Agosto 2003. [En línea]. <www.revistaciencia>. [Consulta: 03/02/08].

⁴¹⁴ MASSCHELEIN-KLEINER, L. *Op. cit.*, pp. 68. HORIE, C.V. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*. London: Butterworth, Heinemann, 1987, pp. 142-144. MARTÍN MARTÍNEZ, J. M., MARTÍN REY, S. *Adhesión y adhesivos en intervención de pintura sobre lienzo*. Valencia:

Según Matteini y Moles, su composición química, aspecto y propiedades físicas, pueden variar dependiendo de su origen, modo de preparación y purificación (Tabla 13). De modo que, las que tienen mayor cantidad de colágeno se denominan *gelatinas*, las intermedias *gelatinas técnicas* y las que contienen más impurezas y poseen normalmente un aspecto oscuro, *colas fuertes*. No obstante, la distinción es algo arbitraria y las calidades comerciales dudosas.

Tabla. 13. Origen y aspecto de distintas colas.

Tipo	Origen	Aspecto del film
Cola de esturión	Vejigas natatorias diversos peces	Transparente amarillento
Gelatina	Cartílagos, huesos, pieles (cerdo, vaca o conejo)	Transparente amarillento
Cola de conejo	Cartílagos y pieles (conejo, diversos animales)	Marrón, translúcido

Así, las de piel, obtenidas a partir del colágeno presente y asociado a estas zonas, poseen un poder adhesivo y una versatilidad de aplicación mayores que las extraídas a partir del procesado de huesos (bajas o medias resistencias). A su vez, las primeras suelen alcanzar un pH de 6,4 a 7,4, y las segundas, ligeramente más ácidas, de 5,8 a 6,2⁴¹⁵.

A excepción de las vejigas natatorias desecadas de esturión, las gelatinas y/o colas, se suministran en forma líquida, de pastillas, perlitas o triturados de distinta granulometría. Para prepararlas se hidratan y disuelven en agua caliente con ayuda de agitación (pueden desecarse de nuevo, volviendo a su estado seco inicial), aplicándose el líquido templado antes de comenzar a coagular (ver Capítulo 6). Veamos en que consiste:

UPV, 2008, pp. 196-199. KREMER. "Natural Sources of Glues". *Kremer Pigmente*. Nº 63000-63550. GmbH & Co. KG, Aichstetten. HAUPT, M., DYER, D., HANLAN, J. "An Investigation Into Three Animal Glues". *The Conservator*. Nº 14. London: ICON, 1990.

⁴¹⁵ *Ibidem*. MATTENI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, pp. 103-106. KREMER. "Animal glues". *Kremer Pigmente*. GmbH & Co. KG, Hauptstr. Aichstetten. VARGAS TAO, A. O. *Op. cit.*

Las moléculas de gelatina son largas y flexibles, adoptando una forma helicoidal en solución, lo cual, otorga la interesante propiedad de pasar reversiblemente mediante la temperatura, de una solución viscosa llamada *sol*, a un estado rígido llamado *gel*, tras el enfriamiento y parcial renaturalización. A este comportamiento, que afecta tanto las colas como las gelatinas, se le denomina tixotropía (Fig. 113). En opinión de algunos autores, las gelatinas de peces de bajo peso molecular no forman *gel*⁴¹⁶. Si bien, las que sí gelifican, tienen la particularidad de fundir a 6°C, mientras que las colas obtenidas de mamíferos lo hacen a 30-50°C⁴¹⁷.

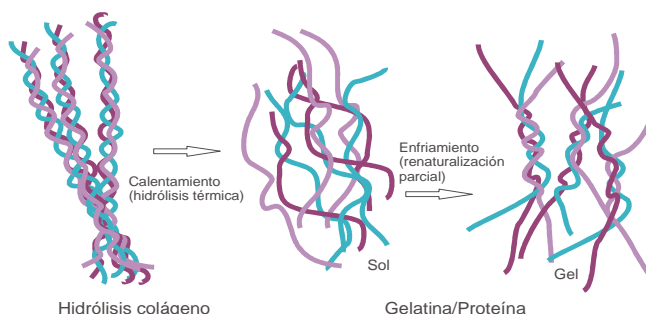


Fig. 113. Gelatina. Esquema de la estructura del colágeno, formación de gel y sol, según Babel.

En los tratamientos de adhesión y consolidación de pintura actual, sobre todo si se trata de superficies porosas y de tonos claros, son seleccionadas las colas de mayor pureza, transparencia, ausencia de color y buena flexibilidad, evitando el uso de adhesivos como la cola de conejo o la *coletta* italiana, debido al peligro de producir manchas, y a propiedades como su acidez y rigidez. La más utilizada, preferible y apreciada, es la cola de esturión, obtenida a partir de las vejigas natatorias de esta especie, aunque también pueden emplearse otros peces como el arenque y balacao, etc. (ver ficha)⁴¹⁸.

⁴¹⁶ Tixotropía (ver 6.2.1.3). MASSCHELEIN-KLEINER, L. *Op. cit.*, pp. 68-70. Fuente: PATAKI, A. "Adhesivos aplicados a la restauración de papel". IVC+R. Curso 10-14 de septiembre de 2007.

⁴¹⁷ HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 143.

⁴¹⁸ Cola de esturión: utilizada en la estabilización de obras de Munch y mezclada con CMC en la La Madonna del Muelle de Rafael Baixeras. Cfr. MUNCH MUSEET. "Journal 3: Treatment of "The Sun", consolidating paint". © Copyright The Munch Museum 1999-2010. [En línea]. Oslo: Munch Museet, 7/11/2005. <www.munch.museum.no>.

Según Richard Newman, el colágeno es virtualmente el único componente que existe en esta zona, lo cual otorga a los adhesivos obtenidos de unas excepcionales propiedades⁴¹⁹.

Empleada en restauración de documento gráfico, pero también aplicable en estabilización de pintura contemporánea, es la llamada gelatina técnica tipo B (obtenida mediante un proceso alcalino)⁴²⁰. Esta, se extrae a partir de despojos de cerdo, vaca o conejo, según el país de origen: Italia, España o Alemania, y se halla disponible en distintos grados *Bloom*⁴²¹. Fig. 114-115.

Marion Mecklenburg, ha estudiado la respuesta mecánica de los adhesivos proteicos frente a las oscilaciones de Humedad Relativa, obteniendo interesantes resultados, que a su vez ayudan a comprender mejor los mecanismos de degradación de las obras pictóricas. Según estas investigaciones, las colas de huesos son materiales muy fuertes en niveles moderados de HR (sin cambios significantes entre 35% y 70% HR), perdiendo resistencia y rigidez en valores mayores al 75%. Mientras que para

[Consulta: 17/05/10]. LÓPEZ, T. "Restauración de la obra de Rafael Baixeras en el Centro Galego de Arte Contemporáneo". Actas I Congreso GEIIC. Conservación del patrimonio: Evolución y nuevas perspectivas. Valencia: Grupo Español del IIC, 2002, p. 209. Cfr. PETUKHOVA, T., BONADIES, S. D. "Sturgeon glue for painting consolidation in Russia". [En línea]. JAIC Online, vol. 32, n^o. 1, art. 3. Washington: AIC, 1993. <<http://aic.stanford.edu>>. [Consulta: 18/12/03]. FOSKETT, S. "An investigation into the properties of isinglass". *SSCR Journal*. 5. 1994, pp. 11-14. PETUKHOVA, T. "A History of Fish Glue as an Artist's Material: Applications in Paper and Parchment Artifacts". *The Book and Paper Group Annual Volume*. N^o 19. Washington: AIC, 2000, p. 111. Cfr. ZEBALA, A. "Sturgeon Glue for Consolidation (Technical Exchange)". *WAAC Newsletter Online*, vol. 16, n^o. 3, september. Los Angeles: WAAC, 1994. <<http://palimpsest.stanford.edu>>. [Consulta: 27/01/05].

⁴¹⁹ NEWMAN, R. *Op. cit.*, p. 36.

⁴²⁰ Intervención instalación de Ross Sinclair y de acuarelas en general. Cfr. DANZING, R. "Conserving Watercolors: Under the Microscope". *Brooklyn Museum Community bloggers. Conservation*. [En línea]. Brooklyn: Copyright © 2004-2009. The Brooklyn Museum. <www.brooklynmuseum.com>. [Consulta: 22/06/08]. PATAKI, A. "Consolidation of white chalk with aerosols". *ICOM 14th Triennial meeting*, The Hague, 12-16 September 2005. London: James & James, 2005. CURTIS, A., UCHIDA, Y. "Which Gelatine to use? The choices for conservators". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

⁴²¹ **Bloom**: Carga en gramos requerida para producir una depresión en el gel en condiciones normalizadas. Valor que mide la resistencia del gel. VARGAS TAO, A.O. *Op. cit.* KOLBE, G. "Gelatine. Eigenschaften un Auswahlkriterien in der Papierrestaurierung" *Papier Restaurierung*. Vol 2. Stuttgart: IADA, 2001. KREMER. "Natural Sources...". *Op. cit.* Cfr. GELITA. "Gelatina, producción, empaquetamiento, almacenamiento". *Gelita*. The Gelatine Group. <www.gelita.com>. [Consulta: 27/09/08].

la cola de esturión el rango está entre 15% y 40%. No obstante, para una HR dada, esta cola es más fuerte que la anterior, ya que con su incremento, aunque ambos tipos pierden resistencia, sigue manteniéndola por encima de la de huesos, lo cual la convierte en un adhesivo adecuado para realizar consolidaciones⁴²². Vargas, señala que los *films* de colágeno son muy resistentes, en relación con las gelatinas, que tienden a encoger, a la pulverización y a proporcionar, en ocasiones, películas muy frágiles⁴²³. Además de perder sus propiedades físico-mecánicas pueden perder sus propiedades adhesivas iniciales⁴²⁴.

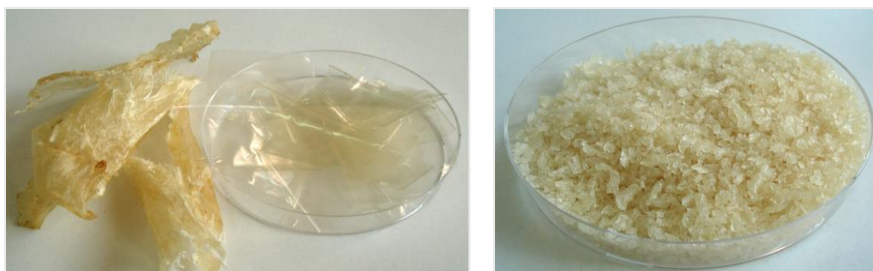


Fig. 114-115. Cola de esturión seca y en film. Gelatina tipo B en grano.

Químicamente, las proteínas son unas de las sustancias más estables de la naturaleza, debido a la baja reactividad y relativa fortaleza de los enlaces peptídicos. Pese a ello, las enzimas y los microorganismos son capaces de descomponerlas (hallados naturalmente en las colas provocan de forma rápida la hidrólisis de las proteínas), además los aminoácidos constitutivos pueden desencadenar reacciones químicas diversas⁴²⁵. Su envejecimiento o desnaturalización se produce por calor (a partir de los 40°C o 60°C, según las fuentes consultadas), así como por acción de los ácidos, álcalis, etanol, acetona, formaldehído, radiación UV, RX, agitación mecánica o evaporación de agua. Esto afecta principalmente al grado de solubilidad en agua (disminución), a su coagulación, debilitamiento de la capacidad aglutinante, al aumento de fragilidad, contracción-dilatación, etc. Entre las más sensibles se

⁴²² MECKLENBURG, M.F. *Meccanismi di cedimento nei dipinti su tela: approcci per lo sviluppo di protocolli di consolidamento*. Padova: Il Prato, 2007, pp. 112-113.

⁴²³ VARGAS TAO, A. O. *Op. cit.*

⁴²⁴ MARTÍN, M., MARTÍN REY, S. *Op. cit.*, p. 22.

⁴²⁵ *Ibidem*. NEWMAN, R. *Op. cit.*, p. 34.

encuentran aquéllas con azufre en composición (huevo, caseína), junto a las derivadas de peces, muy sensibles al agua⁴²⁶.

En opinión de Villarquide “una cola de conejo como fijativo de una escama al óleo no será tan buena como un sintético”⁴²⁷. Pese a dicha afirmación hay que pensar que los adhesivos proteicos presentan una serie de ventajas respecto a los sintéticos, como su capacidad de solidificación lenta a altas temperaturas, el largo tiempo de uso, la duración del producto almacenado en seco, la ausencia de cuarteamiento de las uniones gruesas realizadas con colas de buena calidad, la reversibilidad, y la más interesante para el tema que nos ocupa, el paso de *sol* a *gel*, que permite una aplicación sin desplazamiento de producto, unida a una rápida adhesividad.

5.2.2. Compuestos artificiales orgánicos:

Las colas proteicas fueron los adhesivos más fuertes disponibles hasta el XIX. A partir de este momento, el panorama cambió radicalmente con el descubrimiento de los primeros adhesivos sintéticos, su uso extensivo y su producción industrial en los dos siglos posteriores. Cabe decir, que estos productos se desarrollaron con fines industriales siendo posteriormente adaptados a nuestro campo, lo cual tiene entre otros inconvenientes que no conozcamos con exactitud sus formulaciones y los aditivos incorporados, que su estabilidad no corresponda a la exigida en restauración o que ignoremos su evolución más allá de 30, 50 o 60 años. A lo que hay que añadir el peligro de ser modificados o retirados sin previo aviso por la industria, así como los problemas derivados de su adulterado por parte de las distribuidoras (variaciones de concentración, caducidad, desarrollo de microorganismos, pérdida de propiedades, etc.). De ahí, que sea necesario su testado a fin de conocer su estabilidad, envejecimiento, comportamiento mecánico, fuerza adhesiva, compatibilidad y reversibilidad, etc. Ver Fig. 116.

⁴²⁶ La degradación térmica es muy lenta, pero rápida en presencia de bacterias. Sobre los 60°C, la viscosidad y resistencia pueden decrecer en un 0,2-1%/h según la calidad y enzimas presentes. A 80°C, la velocidad de degradación es aproximadamente cuatro veces mayor que a 60°C. *Ibidem*. MATTENI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, pp. 103-106. VILLARQUIDE, A. *Op. cit.*, p. 146.

⁴²⁷ VILLARQUIDE, A. *Op. cit.*, p. 146.

5. Polímeros empleados en las intervenciones de adhesión y consolidación

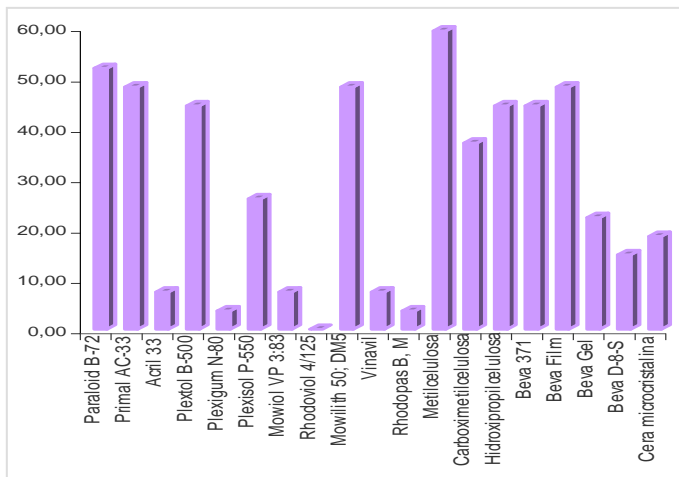


Fig. 116. % uso adhesivos sintéticos en estabilización de pintura actual según los encuestados.

En líneas generales, las propiedades de los materiales sintéticos dependen de su composición química, de la disposición espacial de sus moléculas y de las condiciones del entorno. Un material plástico se caracteriza por los monómeros empleados, tipo de enlace y grado de polimerización⁴²⁸.

5.2.2.1. Polímeros semisintéticos:

Los polímeros semisintéticos, aparecen a finales del siglo XIX, obteniéndose a partir de algunos polímeros naturales como los polisacáridos, proteínas y resinas terpénicas, en los que los grupos funcionales son modificados a fin de dotar a los nuevos compuestos de mejores propiedades: resistencia

⁴²⁸ Formulación mediante un polímero base o esqueleto del adhesivo, (encargado de proporcionar propiedades de cohesión y dar nombre al compuesto), y aditivos para mejorar las propiedades reológicas, la resistencia a la temperatura, reducir costes, adecuar el adhesivo a aplicaciones concretas, mejorar la vida y durabilidad de las uniones, evitar la degradación, etc., originando también muchos problemas. Destacan las cargas, resinas tackificantes o *tackifiers* (agentes que imparten pegajosidad), endurecedores, disolventes, diluyentes, agentes reforzantes o transportadores, otros aditivos (agentes protectores UV, bactericidas, fungicidas, plastificantes, colorantes, surfactantes, etc.). Aplicados previamente a los adhesivos sobre las superficies de los sustratos, encontramos los denominados *primers* o *agentes de imprimación*. MARTÍN MARTÍNEZ, J.M. *Adhesivos Vol. I*. Alicante: Universidad de Alicante, 2001, pp. 27-39. GÓMEZ, M^a. L. *Op. cit.*, pp. 309-315.

mecánica, resistencia a los microorganismos, menor reactividad, etc. A este grupo pertenecen los ésteres y éteres de celulosa.

a) Los **ésteres de celulosa**, como la nitrocelulosa y acetato de celulosa, resultan de la reacción de esterificación de la celulosa con ácidos orgánicos e inorgánicos. En el caso que nos ocupa, su uso no es recomendable.

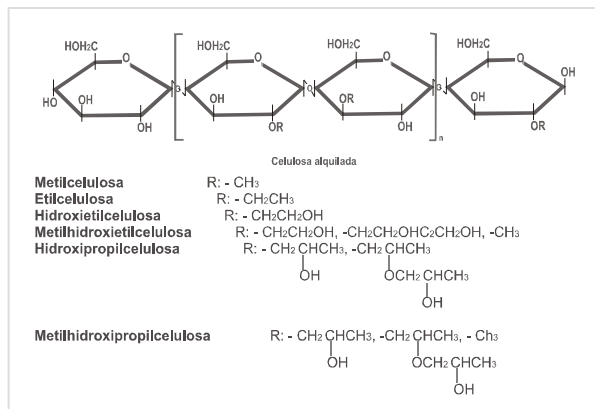


Fig. 117. Formación de éteres de celulosa a partir de celulosa alquilada, según Borgioli y Cremonesi.

b) Los **éteres de celulosa** fueron producidos en Alemania en los años 20 y en Estados Unidos, diez años más tarde (Fig. 117).

Se preparan por reacción de la celulosa con NaOH seguido de reacciones con un haluro o un epóxido⁴²⁹.

Utilizados como adhesivos, espesantes, agentes de retención de agua, coloides protectores, formadores de film o termoplásticos, aprestos para papel y tejidos, aditivos en la industria alimentaria, papelera y de impresión, cosmética, agrícola, farmacéutica, cerámica y de construcción, etc., su uso en restauración se hizo extensivo en los 70⁴³⁰. Cotidianamente se emplean

⁴²⁹ BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 158-159. MARTÍN REY, S., MARTÍN MARTÍNEZ, J.M. *Op. cit.*, p. 201.

⁴³⁰ *Ibid.* Más información en: FELLER, R.L., WILT, M. *Evaluation of Cellulose Ethers for Conservation*. Los Angeles: GCI, 1990. Cfr. DERBYSHIRE, A., RUTHERSTON, J. "A Review of Evaluation of Cellulose Ethers for Conservation". *V&A Conservation Journal*. October 1991, Issue 1. V&A Museum. [En línea]. <www.vam.ac.uk>. [Consulta: 02/08/09]. BONET ARACIL, M^a A. *Influencia de la estructura molecular de los éteres de celulosa en la conservación restauración de bienes culturales*. Tesis Doctoral. Alcoy: UPV, 2003. Cellulose Ethers Association. "Cellulose Ethers" Sector Group of Cetic. <www.celluloseethers.eu>. [Consulta: 02/09/09].

en la conservación restauración de documento gráfico y en la elaboración de geles de limpieza, cabe destacar su aplicación en la estabilización de capas pictóricas mates (MC preferiblemente, y HPC), si bien, su uso como consolidantes es limitada debido a la elevada viscosidad de las soluciones.

Divididos en iónicos y no iónicos, los éteres de celulosa, se producen a partir de la celulosa, mediante la sustitución de un átomo de H del grupo OH por distintos radicales: Con el radical alquilo (-R) se obtiene la MC, con el hidroxialquilo (-R-OH) la HEC y con el carboxialquilo (-R-COOH) la CMC. Los éteres se subdividen en los grupos alquil e hidroxialquil (Tabla 14)⁴³¹.

Tabla. 14. Tipos de éteres de celulosa. Borgioli y Cremonesi.

Nombre químico	Siglas	Nombre	Fabricante
Carboximetilcelulosa sal sódica	CMC	Tylose® C Cellofas®	Hoechst ICI
Metilhidroxietilcelulosa	MHEC	Tylose® MH	Hoechst
Metilcelulosa	MC	Glutofix® Tylose® MB Methocel® A	Hoechst Dow Chemical
Etilcelulosa	EC	Etilcelulosa® Ethocel®	Aqualon® Hercules Ashland® Vel
Hidroxipropilcelulosa	HPC	Klucel®	Aqualon® Hercules

Presentados en forma de gránulos o polvo blanco, se caracterizan por ser solubles en agua fría (excepto la EC) y en disolventes polares. Son termoplásticos, con capacidad adhesiva media, elevada viscosidad

⁴³¹ La formación de los éteres de celulosa se da de una forma incompleta a través de la alquilización de un cierto número de grupos alcohol. Todo polímero será determinado no solo por la longitud de la cadena o grado de polimerización *DP*, sino por el grado de sustitución *DS*. Cuanto más alto sea el *DS*, mayor la polaridad del sustituyente y mayor la solubilidad en solvente. Los éteres con bajo *DP* (cadena corta y bajo peso molecular), presentan baja viscosidad, mientras que con elevado *DP* tienen gran viscosidad. En general bajos grados de sustitución dan compuestos solubles en agua, algo quebradizos y con mayor poder adhesivo. Si son altos, incrementa la solubilidad en disolventes orgánicos y la plasticidad del polímero. *Ibidem*. BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 158-166. HORIE, C.V. *Op. cit.*, pp.124-128. FELLER, R.L. Y WILT, M. *Op. cit.* Cfr. Aqualon. "Chemistry of Cellulose Ethers". [En línea]. ©Hercules Incorporated, 2000. <www.herc.com>. [Consulta: 02/09/09]. CAMEO. "Physical Properties for Selected Thermoplastic Resins. CAMEO ©2007 Museum of Fine Arts, Boston. [En línea]. <www.cameo.mfa.org>. [Consulta: 03/06/08].

(controlable), capacidad adensante, propiedades tensioactivas, termoplásticas y ausencia de toxicidad. Forman soluciones cada vez más viscosas y tixotrópicas a pesos moleculares altos (salvo la HPC) y tienen distintas respuestas a la temperatura. Para formar un gel de MC debe añadirse agua a 90°C, mientras que la HPC precipita al llegar a los 40-45°C.

Los *films* son transparentes, no presentan pegajosidad, poseen buena flexibilidad y elasticidad, así como un efecto semiopaco mate. Los éteres de celulosa no iónicos, no forman complejos irreversibles e insolubles con iones metálicos (exceptuando la CMC), aunque en solución, su alto contenido salino tiende a flocular, precipitando⁴³². Estos compuestos tienen un buen comportamiento frente al envejecimiento, a excepción de la EC, con los peores resultados, y la CMC, menos estable que la MC y el almidón⁴³³. Sin embargo, presentan una escasa resistencia a las radiaciones UV, lo cual desaconseja su uso como protectivos de exteriores o consolidantes de materiales orgánicos⁴³⁴. Son sensibles a los ácidos y bases (al sobrepasar el intervalo de pH 5-9, se produce una escisión de los enlaces éter, con una progresiva despolimerización y pérdida de propiedades). Los éteres de celulosa presentan una resistencia mayor al biodeterioro que la celulosa. En soluciones acuosas los alquiléteres, MC y EHEC tienen buena resistencia, mientras que el HEC y HPC son susceptibles de ataque⁴³⁵.

⁴³² *Ibidem*. Fenómeno reversible mediante la reducción de la concentración salina: adición de agua. El pH de las soluciones puede oscilar debido a la presencia de impurezas, no siendo neutras.

⁴³³ La CMC, forma películas higroscópicas y es capaz de reaccionar con cationes metálicos tornándose insoluble.

⁴³⁴ Los éteres de celulosa sufren rotura de cadenas por oxidación con una activación energética de 112 kJ/mol (EC), similar a la de la celulosa. La CMC y los hidroxialquiléteres se degradan más rápidamente que los alquil. La oxidación se produce tanto en almacenaje como *in situ*, especialmente con la exposición a la luz. Recomendación protegerlos de la luz, calor y humedad. HORIE, C.V. *Op. cit.*, pp. 124-128. El orden de estabilidad de los éteres de celulosa, de mayor a menor, es el siguiente: MC, CMC y EHEC soluble en agua, HEC, HPC y EHEC soluble en disolventes orgánicos, y EC. Se desaconseja el uso de la EC, EHEC en disolventes orgánicos e HEC. Las conclusiones son todavía confusas en cuanto a la viabilidad del uso del Klucel® L y G. FELLER, R.L., WILT, M. *Op. cit.* DERBYSHIRE, A., RUTHERSTON, J. *Op. cit.*

⁴³⁵ *Ibidem*. Cfr. CAMEO: Conservation & Art Material Encyclopedia Online. Cellulose eter. ©2008 Museum Fines Arts, Boston. <<http://cameo...>>. [Consulta: 10/10/08].

En la bibliografía especializada encontramos multitud de casos de obras con acabados mates cuyas intervenciones de estabilización se han realizado con este tipo de materiales. Destacan, *Il gran teatro del cuore lago* realizada con aglutinante vinílico en 2006 por el artista Brindisino Uccio Bondi (tratada con Tilose® y Klucel® G)⁴³⁶, *La Madonna del Muelle* de Rafael Baixeras fijada con una mezcla de esturión y CMC⁴³⁷, el pastel sobre tela de Giovanni Boldini fijado con 0,5% Klucel® G en etanol mediante nebulizador⁴³⁸, una cortina realizada con *gouache* por Picasso consolidada con Klucel® J en 1976, el lienzo *Más Cerca* de Genovés ejecutado con una mezcla de huevo y acetato de polivinilo en 1980 fijado recientemente con Klucel® G⁴³⁹.

5.2.2.2. Polímeros sintéticos:



Fig. 118. Polímeros sintéticos en sus envases comerciales.

Comienzan a incorporarse en el ámbito de la conservación restauración sustituyendo a los polímeros naturales debido a sus especiales propiedades físico químicas, prácticamente desde su formulación a mediados del siglo XX. Así, la introducción del polietileno data de 1949, la del PVAc en 1932, el PVAI en 1951, y la del PVB en 1956, (Fig. 118).⁴⁴⁰.

⁴³⁶ Cfr. VV.AA. "Due casi di restauro di dipinti di artisti pugliesi contemporanei". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7. Milano: Il Prato, 2008.

⁴³⁷ LÓPEZ, T. *Op. cit.*, p. 209.

⁴³⁸ BORGHESE, P., FERRIANI, B. "Guardare ma non toccare. Il Pastello bianco di Giovanni Boldini. Tecnica esecutiva e restauro di un pastello su tela". *Kermes la rivista del restauro*, Anno 18, N. 57, 2005.

⁴³⁹ GARCÍA HERNÁNDEZ, G. "Un cas d'incompatibilitat de tècniques: Més prop, 1980, de Joan Genovés". *La conservació d'art contemporani. Casos d'estudi a partir de la Col.lecció Martínez Guerricabeitia de la Universitat de València*. Valencia: GMC, 2011, pp. 49-62. BERGER, B. "Conservation of a rare work by Picasso". Preprints of papers 4th annual meeting of the AIC, Dearborn, 1976. Washington: AIC, 1977, p. 29

⁴⁴⁰ SCIOLONE, G. *Il restauro dei dipinti contemporanei: dalle tecniche di intervento tradizionali alle metodologie innovative*. Firenze: Nardini Editore, 1993, p. 209.

Su obtención se produce artificialmente por síntesis orgánica a partir de moléculas sencillas, clasificándose en tres grupos, según Peris Vicente⁴⁴¹: En el primero, la formación de la cadena polimérica se basa en la unión de los monómeros a través de los dobles enlaces mediante reacciones entre radicales, como los polivinilos. El segundo se caracteriza porque la resina se construye mediante la condensación entre grupos reactivos, con la pérdida de sustancias de bajo peso molecular como el agua. Y el tercero, igualmente formado por reacciones de condensación, incluye grupos inorgánicos en su estructura⁴⁴².

Tal y como afirma este investigador, las estructuras de las resinas poliméricas siguen siendo desconocidas a causa de su complejidad y debido a su desarrollo industrial bajo patente.

Tabla. 15. Polímeros sintéticos en estabilización.

Polímeros sintéticos	Subgrupos y/o productos
Derivados vinílicos	Acetato de polivinilo PVAc Alcoholes polivinílicos PVAL Polivinilacetales Copolímeros EVA
Resinas acrílicas	Paraloid® B72, Plextol® B500, Plexisol® P550, etc.
Polímeros de amidas terciarias alifáticas	Aquazol® 200 y 500.
Fluorados	Fluoline® HY

De los muchos grupos existentes (polietilenos, poliésteres y poliamidas, epoxi, organosilícicos, acrílicos, vinílicos, etc.), empleamos determinados polímeros termoplásticos (derivados vinílicos, resinas acrílicas, polímeros de amidas terciarias alifáticas, etc.) y polímeros fluorados (Tabla 15).

5.2.2.2.1. Derivados vinílicos:

Pese a que en 1835 se descubre el cloruro de polivinilo, la producción de las resinas derivadas de la polimerización de compuestos que contienen el grupo Vinil-Etilen ($\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{R}$), no fue masiva hasta 1917.

⁴⁴¹ La polimerización puede partir de un tipo de monómero, dando lugar a homopolímeros o de una mezcla, con la formación de copolímeros. PERIS VICENTE, J. Estudio analítico de materiales empleados en barnices, aglutinantes y consolidantes en obras de arte mediante métodos cromatográficos y espectrométricos. Tesis doctoral. Valencia: Servei de Publicacions UPV, 2008, pp. 62-63.

⁴⁴² Para producir la adhesión necesitan temperatura y presión durante un determinado tiempo. Definición de polímero termoplástico y termoestable en C.6.

5. Polímeros empleados en las intervenciones de adhesión y consolidación

Según su radical -R, se clasifican en: policloruros de vinilo PVC (-R = -Cl), poliacetatos de vinilo PVA (-R = -OOC-CH₃), polialcoholes vinílicos PVAL (-R = -OH) y los derivados de los anteriores (Fig. 119)⁴⁴³.

Entre sus características principales, señalar que suelen ser termoplásticos, pueden emplearse en forma de emulsiones acuosas, disoluciones de disolventes orgánicos, y como adhesivos termoplásticos de bajo punto de fusión⁴⁴⁴.

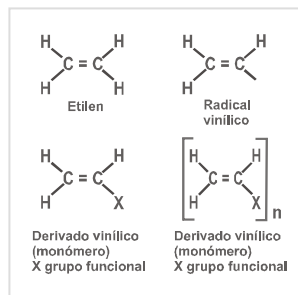


Fig. 119. Derivados vinílicos del Etilen. Borgioli y Cremonesi.

Tabla. 16. Derivados del polivinilo. Nombres comerciales y fabricantes. B&C.

Tipo de resina	Nombre comercial	Fabricante
Homopolímero de PVAc Sólido	AYA®C, AYA®B, AYA®A, AYA®F, AYA®T Mowilith® 20, 30, 40, 60, K40, K60 Vinavil®	Union Carbide Hoechst Montecatini
Copolímero vinílico sólido	Mowital® B60HH Butvar® B-98	Hoechst Monsanto
Resina vinílica en dispersión	Vinavil® 59 Vinavil® Blu NPC	Vinavil SpA
Copolímero vinílico en dispersión	Mowilith DMC2®, Mowilith SDM5® Vinnapas CEF 10W® Acronal 500D®	Hoechst Wacker BASF
Copolímero EVA	Beva O.F. 371®, B. O.F. D-8-S®, B. O.F. Gel® Lascaux 375®	CTS Lascaux

Existe una amplia gama de homopolímeros y copolímeros vinílicos, en forma sólida y dispersión, empleados como adhesivos y consolidantes de capas pictóricas (Tabla 16)⁴⁴⁵. Algunos productos proporcionan películas incoloras que no amarillean y con bajos índices de refracción⁴⁴⁶.

⁴⁴³ PERIS VICENTE, J. *Op. cit.*, p. 63. Cfr. *The Vinyl Institute Official Site* [En línea] © 2009 Vinyl Institute, Arlington, Virginia USA <www.vin...org/>. [Consulta: 06/06/09].

⁴⁴⁴ MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, pp. 217-219.

⁴⁴⁵ GÓMEZ GONZÁLEZ, M^a. L. *Op. cit.*, pp. 320-325. Más información en: BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 158-166.

⁴⁴⁶ SCICOLONE, G. *Op. cit.*, p. 211. DOWN, L. *Towards a Better Emulsion Adhesive for Conservation. A Preliminary Report on the Effect of Modifiers on the Stability of a Vinyl Acetate/Ethylene (VAE) Copolymer Emulsion Adhesive*. Ottawa: CCI, 1999.

5.2.2.1.1. El acetato de polivinilo (PVAc) fue descubierto en Alemania por Fritz Klatte en 1912 a partir del Etilen funcionalizado con radicales acetato (-O-CO-CH₃), (Fig. 120), siendo comercializado dos años más tarde por la empresa *Chemische Fabrik Griesheim-Elektron* bajo el nombre de Mowilith®, e introducido en restauración hacia 1932⁴⁴⁷. Es el vinil-derivado más importante.

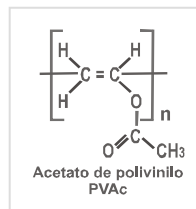


Fig. 120.
PVAc. B&C.

Fabricado por polimerización directa del monómero vinilacetato mediante iniciadores o por exposición a radiaciones UV, plastificado interna o externamente, constituye el punto de partida para la síntesis del Polivinilalcohol y Polivinilacetal⁴⁴⁸.

Las propiedades físico-químicas dependen del grado polimerización, presentando distintos pesos moleculares (a mayores grados de polimerización, mayor la viscosidad, temperatura de transición vítrea y punto de reblandecimiento)⁴⁴⁹. En su forma pura, estas resinas dan como resultado películas brillantes y transparentes, con elevada resistencia a la luz, al calor, a los ácidos y álcalis diluidos, y al agua⁴⁵⁰. Forman fácilmente emulsiones acuosas. Debido a la presencia del grupo acetato, son muy solubles en alcoholes, cetonas, ésteres, hidrocarburos aromáticos y cloroformo, ligeramente hidrolizables por ataque básico, e insolubles en agua, xileno, hidrocarburos alifáticos, éteres, alcanos, grasas y ceras⁴⁵¹.

Estas resinas termoplásticas, proporcionan uniones de alto poder adhesivo (óptimas tanto en materiales porosos como no porosos), de cierta dureza y notables propiedades cohesivas, que pueden ser ablandadas mediante la aplicación de temperatura o solventes (continúan siendo solubles tras 30 o 40 años). Las dispersiones de homopolímero de PVAc necesitan una temperatura mínima de formación del film de 20°C, aunque para algunos

⁴⁴⁷ BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 85, 92. HORIE, C.V. *Op. cit.* p. 94.

⁴⁴⁸ Los monómeros de vinilacetato se emplean también para la producción de copolímeros como el acetato de vinilileno (EVA). *Ibidem*. PERIS VICENTE, J. *Op. cit.*, p. 66. SCICOLONE, G. *Op. cit.*, p. 213.

⁴⁴⁹ *Ibidem*.

⁴⁵⁰ VV.AA. *Science for Conservators. Adhesives and Coatings*. Vol. 3. New York: Museums & Galleries Commission and Routledge, 2005, p. 51.

⁴⁵¹ PERIS VICENTE, J. *Op. cit.*, p. 66. MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 219.

copolímeros esta cifra se encuentra por debajo de 5°C. Poseen gran flexibilidad, resistencia al desgarro y a la tracción⁴⁵².

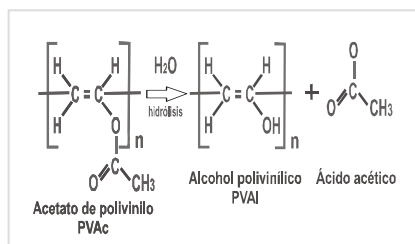


Fig. 121. Estructura y descomposición del PVAc según Borgioli y Cremonesi.

La macromolécula del PVAc se degrada espontáneamente por hidrólisis, produciendo PVAI y ácido acético, transformándose en un compuesto más polar, debido al envejecimiento y la interacción de la temperatura, humedad, condensación, contaminantes ácidos, alcalinos y partículas metálicas (Fig. 121)⁴⁵³.

Tabla. 17. Marcas de PVAc y Tg.

Tipo	Tg (°C)
AYAC	16
AYAT	26
Mowilith 30	30-40
Mowilith 60	35-45
Vinavil K40	20-30
Vinavil K60	20-30

Aunque tras su introducción el PVAc se empleó de forma extensiva en el tratamiento de materiales arqueológicos, pintura mural y de caballete, fundamentalmente como consolidante, adhesivo y protectorio (Tabla 17), su uso entraña ciertos riesgos.

El primer problema radica en la reticulación del polímero, su pérdida de solubilidad y aumento de tenacidad en contacto con iones metálicos.

Y el segundo, en la acidez producida de su descomposición, con la liberación *in situ* de ácido acético⁴⁵⁴. Esto, puede producir la solubilización y corrosión de materiales sensibles como la celulosa, el gesso, el carbonato cálcico o ciertos pigmentos, etc. Otro de los inconvenientes, es que poseen bajos valores de Temperatura de transición vítrea Tg. Es decir, tan cercanos a la ambiental que el material puede ser excesivamente plástico, tener tendencia a ensuciarse y englobar la suciedad

⁴⁵² Aunque la película obtenida de dispersiones no es soluble en agua, algunas formulaciones se desintegrarán al empaparse. HORIE, C.V. *Op. cit.* pp. 92-94. SCICOLONE, G. *Op. Cit.*, pp. 213-214.

⁴⁵³ Los estratos envejecidos de PVAc puro o pigmentados son susceptibles de reblandecimiento con mezclas alcohol-agua. Ver: BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 81-96.

⁴⁵⁴ Recordemos que las emulsiones acuosas son estabilizadas a pH 3-5, lo cual es otra fuente de acidez. *Ibid.*, p. 87.

(ver C.6). Por esto, su uso como barnices es desaconsejable⁴⁵⁵. Además, el amarilleo de las películas es mayor en caso de los PVAc en dispersión, debido a la incorporación de aditivos inestables como tensioactivos, emulsionantes y dispersores⁴⁵⁶. Dichos aditivos pueden migrar hacia la superficie en pocas décadas (plastificantes), así como favorecer el desarrollo de microorganismos. Dado que las dispersiones son especialmente inestables en almacenaje a causa de la emanación de ácido acético, Horie aconseja hacerlo a baja temperatura, desechando los *stocks* cada seis meses⁴⁵⁷. A causa de algunos de los problemas mencionados anteriormente, ciertos autores opinan que los homopolímeros puros de PVAc sin aditivos, son preferibles a otros grupos. Si bien, al no llevar plastificantes, dan como resultado películas rígidas al igual que aquellos en dispersión⁴⁵⁸.

Las resinas de PVAc se distribuyen en forma sólida, en disolventes orgánicos (cetonas, ésteres, alcoholes), y más frecuentemente, en dispersión acuosa (las típicas colas blancas)⁴⁵⁹. Algunas de las marcas comerciales más conocidas son *Mowilith*® de *Hoechst*, *Vinavil*® de *Montecatini* o *Aya*® de *Union Carbide*. En la actualidad, se emplean como adhesivos⁴⁶⁰.

⁴⁵⁵ BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 86-87.

⁴⁵⁶ SILVA, M., DOMÉNECH CARBÓ, M^a. T., FUSTER-LÓPEZ, L., MARTÍN-REY, S., MECKLENBURG, M. "Determination of the plasticizer content in poly(vinyl acetate) paint medium by pyrolysis-silylation-gas chromatography-mass spectrometry". *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. Vol. 85, Issues 1-2, May. Elsevier, 2009. DOMÉNECH CARBÓ, M^a T., FUSTER-LÓPEZ, L., MECKLENBURG, M., MARTÍN-REY, S. "Identification of additives in poly(vinylacetate) artist's paints using PY-GC-MS". *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. Volume 397, nº 1. Alemania: Springer Verlag, 2010. DOMÉNECH CARBÓ, M^a T., BITOSSI, G., OSETE-CORTINA, L., CRUZ-CAÑIZARES, J., YUSÁ-MARCO, D.J. "Characterization of polyvinyl resins used as binding media in paintings by pyrolysis-silylation-gas chromatography-mass spectrometry". *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. "Euroanalysis XIV - The European Conference on Analytical Chemistry". Vol. 391, nº 4. Alemania: Springer Verlag, 2008.

⁴⁵⁷ HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 94. SCICOLONE, G. *Op. cit.*, pp. 213-214. DOMÉNECH CARBÓ, M^a. T., SILVA, M., AURA-CASTRO, E., FUSTER-LÓPEZ, L., KRÖNER, S., et al. "Study of behaviour on simulated daylight ageing of artists' acrylic and poly(vinyl acetate) paint films". *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. Vol. 399, nº 9. Alemania: Springer Verlag, 2011.

⁴⁵⁸ BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 95.

⁴⁵⁹ SCICOLONE, G. *Op. cit.*, p. 213.

⁴⁶⁰ BERGER, B. *Op. cit.*, p. 27. Cfr. CCI: "Conservation Treatment of Two Hortense Gordon Paintings". *Preserving My Heritage. Before & After Gallery*. [En línea]. Ottawa: CCI, 2009. <www.preservation.gc.ca>. [Consulta: 12/09/09].

5.2.2.2.1.2. El Alcohol polivinílico (PVAI), deriva del Etilen funcionalizado con un grupo alcohol (OH). No obstante, la reacción de polimerización no se realiza directamente del monómero PVAI, que no es estable, si no a partir de PVAc, sustituyendo el grupo acetilo ($-\text{CO}-\text{CH}_3$) mediante una reacción de alcoholísis, la cual no necesita ser completa, pudiendo dejar un cierto número de grupos acetato en la cadena, individualmente del número de saponificación (Fig. 122)⁴⁶¹.

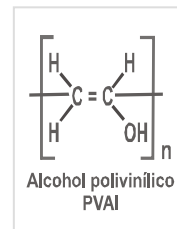


Fig. 122. PVAI.

El PVAI presenta una fuerte polaridad, a diferencia de la del PVAc de tipo medio, de ahí su solubilidad en agua. Si bien, a mayor grado de hidrólisis, mayor la temperatura del agua para la disolución de la resina seca (>93% caliente y <80% fría)⁴⁶². Son sustancias sensibles a los ácidos y bases débiles, que presentan una solubilidad limitada en alcohol etílico y metílico (mayor con mezclas acuosas)⁴⁶³. Horie señala que las soluciones acuosas son transparentes, tienen baja tensión superficial y un pH entre 4,5 y 7. Al ser susceptibles de ataque biológico se recomienda el uso de biocidas para almacenajes largos⁴⁶⁴.

Termoplástico de adhesividad baja, el PVAI forma películas permeables al oxígeno, gracias a la presencia de grupos OH⁴⁶⁵. Estas encogerán si el producto tiene un grado capaz de formar geles a temperatura ambiente. Por otra parte, la resistencia a la tensión de los *films* será mayor cuanto mayor el grado de hidrólisis (con ello se produce una disminución de la elasticidad, adherencia y poder dispersante)⁴⁶⁶.

⁴⁶¹ La proporción de grupos OH en los PVAI comerciales puede ser cercano al 100% o inferior del 70% (especie de copolímero entre el PVAc y el PVAI). Mediante la reacción química del PVAI con un aldehído se obtiene el Polivinilacetato. HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 96. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 84-86, 89.

⁴⁶² Aunque puede prepararse 20% en agua, la concentración máxima de trabajo es 10%. Porcentajes mayores dan viscosidades excesivas, aumentando la formación de cúmulos irregulares y brillantes en superficie. *Ibid*, pp. 86-90.

⁴⁶³ *Ibidem*. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 323.

⁴⁶⁴ HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 97. MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 219.

⁴⁶⁵ GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 323. PERIS VICENTE, J. *Op. cit.*, p. 67.

⁴⁶⁶ HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 97. SCICOLONE, G. *Op. cit.*, pp. 211-212.

Tabla. 18. Tipos de PVAI. Horie.

PVAI	Fabricante
Elvanol®	<i>DuPont</i>
Gelvatol®	<i>Monsanto</i>
Mowiol®	<i>Hoechst</i>
Rhodoviol®	<i>Rhône-Poulenc</i>
Polyviol®	<i>Wacker</i>

A su vez, con el incremento del peso molecular se obtendrán viscosidades mayores, mejores características mecánicas, bajos grados de refracción y uniones óptimas (baja adhesión en superficies no porosas)⁴⁶⁷. Las películas tienen la particularidad de ser higroscópicas, absorbiendo el vapor de agua con HR >75%⁴⁶⁸.

Las primeras noticias del uso del PVAI en restauración datan de 1950. Este (Tabla 18), ha sido aplicado en el tratamiento de textiles, pintura, papel y pergaminos, etc., como protectorio, consolidante, medio de reintegración y agente para eliminar huellas, etc.⁴⁶⁹.

Concretamente, se ha empleado para consolidar temples por su relativa opacidad (confrontado con los clásicos Paraloid®B-72 y Primal® AC-33), y en el tratamiento de capas pictóricas finas o sensibles al agua (solución hidroalcohólica). En solución acuosa, como adhesivo de materiales porosos, adhesivo de contacto reactivable con calor o humedad, y coadyuvante para mejorar la adherencia o estabilidad de otros productos⁴⁷⁰.

La exposición a luz no causa reticulación y disminución de la solubilidad, sino una progresiva pérdida de resistencia mecánica debida a la rotura de cadenas. El amarilleo, junto a una reticulación, se produce por calentamiento a 100°C⁴⁷¹. Según Peris estos compuestos experimentan reacciones de entrecruzamiento, a través de la formación de enlaces éter por reacción entre los alcoholes libres⁴⁷².

Tras su aplicación en los 60-70 comienzan a surgir las primeras dudas sobre su solubilidad y reticulación en presencia de sales metálicas. Al respecto, Borgioli y Cremonesi, destacan su tendencia a interaccionar fuertemente con

⁴⁶⁷ *Ibidem*. BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 89.

⁴⁶⁸ HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 99.

⁴⁶⁹ *Ibidem*. SCICOLONE, G. *Op. Cit.*, p. 212. BICCHIERI, M. "Alcool Polivinilico e restauro: il perché di una scelta e le metodologie d'uso". *CAB Newsletter*. Nº3. Nov-dic. Roma: ICPAL, 1992, pp. 5-8.

⁴⁷⁰ GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 323. BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 89.

⁴⁷¹ *Ibidem*.

⁴⁷² PERIS VICENTE, J. *Op. cit.*, p. 67.

compuestos metálicos di y trivalentes (Ca^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}), formando compuestos del tipo complejo de coordinación. Dichos iones metálicos son capaces de producir la reticulación del polímero, disminuir su solubilidad y dificultar su eliminación. A estos problemas, debe añadirse el riesgo de acidez asociado a los procesos de fabricación, por liberación trazas de ácido acético durante la alcohólisis y/o iniciarse la degradación de los grupos acetato estructurales⁴⁷³.

5.2.2.1.3. Los **Polivinilacetales**, pueden obtenerse mediante la reacción química del PVAI con un aldehído (R-CHO). Normalmente se usa Aldehído fórmico, acético o butírico, obteniendo polivinilformal, polivinilacetil y polivinilbutiral. Producido en 1929, uno de los más comunes es el Butiraldehído (aldehído con cuatro átomos de carbono), conocido como **Polivinilbutiral PVB**. Fig. 123.

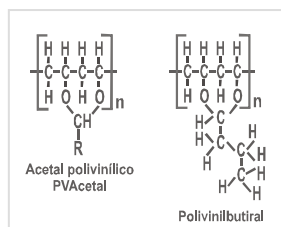


Fig. 123. Estructuras del PVAcetal y Polivinilbutiral.

Puede presentar diversos grados de acetilización, lo cual afecta a propiedades como la polaridad de la macromolécula (a mayor grado, menor la polaridad). No se trata de sustancias puras, dada la conversión incompleta del PVAI. Por ejemplo, en algunos productos comerciales sólidos, podemos encontrar composiciones aproximadas de 68-85% polivinilbutiral, 11-27% PVAI y 1-4% PVAc residuo⁴⁷⁴. Tabla 19.

Tabla. 19. Composición copolímeros vinílicos sólidos según Borgioli, Cremonesi y Horie.

PVB	%PVB	%PVAc	%PVAI	PM	Tg	mPas	PM	Fabricante
Mowital® B60HH	81-84%	3%	12-16%	97.000	65	60	-	Hoechst
Butvar® B-98	80%	2,5% max.	18-20%	40.000-70.000	72-78	25	30.000-34.000	Solutia©

⁴⁷³ Mezclado con agar-agar en consolidación de pintura sobre papel produce la aparición de craquelados cóncavos y exfoliación. Obligando a proteger, fijar y readherir las escamas. Redisolver estos polímeros implica el uso de agua muy caliente sobre 93°C para altos grados de hidrólisis. HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 99. ELIAS, M., SINDACO, C. *Op. cit.*, p. 90. BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 86-87.

⁴⁷⁴ *Ibid.*, pp. 85-88. HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 99-100.

En general los polivinilacetales se han empleado como adhesivos al calor (termoplásticos), consolidantes de textiles, madera, paleontología, marfil, vidrio, y pintura⁴⁷⁵. El PVB, se considera un material con buenas propiedades: flexibilidad, adherencia y elasticidad, elevada resistencia, amplia solubilidad en gama disolventes, etc., aunque deben tenerse en cuenta los mecanismos de degradación de los productos de partida⁴⁷⁶.

Las pesquisas de Wolbers, en cuanto a la modificación de las propiedades mecánicas de los adhesivos según la elección del disolvente, ponen de manifiesto que una película de *Butvar® B-98* preparada con etanol, resultaba sustancialmente frágil al cabo de dos meses, perdiendo rápidamente el disolvente⁴⁷⁷.

El *Mowital® B60HH*, soluble en etanol, es prácticamente el único producto de este tipo empleado en Europa, mientras que en EE.UU. se prefiere la gama *Butvar®*⁴⁷⁸. Su utilización no está muy extendida, prefiriéndose su aplicación en intervenciones de adhesión y consolidación.

5.2.2.2.1.4. Copolímeros de etilen-vinilacetato, EVA. Son otra importante clase de derivados vinílicos, cuya obtención se realiza copolimerizando el monómeros de etileno (60-80%) y acetato de polivinilo (20-40%). El proceso de polimerización de este termoplástico se asemeja a la del Polietileno de baja densidad, si bien no puede considerarse una poliolefina (Fig. 124).

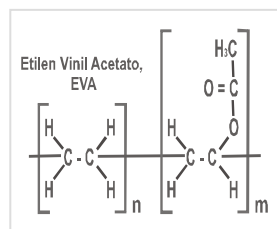


Fig. 124. Estructura del EVA. VV.AA.

⁴⁷⁵ GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 323. *Ibid.*, pp. 100-101.

⁴⁷⁶ La presencia de grupos hidroxilo puede causar reticulación en presencia de grupos reactivos (aldehídicos, amínicos y epoxídicos). El riesgo de irreversibilidad es menor que el del PVAI. BORGIOLI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 88, 93-94. SCICOLONE, G. *Op. cit.*, p. 215.

⁴⁷⁷ Cfr. WOLBERS, R. "Proprietà Meccaniche a Breve Termine degli Adesivi: Effetto dei Solventi e dei Plastificanti". *L'Attenzione alle superfici pittoriche. Congresso CESMAR 7 Milano, 2006*. Padova: Il Prato, 2008, p. 118.

⁴⁷⁸ Informante: M. Faccini (ver encuestados). Respecto al *Mowital® B60HH*, Borgioli y Cremonesi destacan su elasticidad y poder plastificante. Otras propiedades: Sustancia termoplástica con elevada temperatura de trabajo (T^a de reblandecimiento de 185-205°C), posibilidad de uso como adhesivo en frío, soluble en alcohol y glicol, baja solubilidad en agua. *Ibid.*, pp. 93-94. PERIS VICENTE, J. *Op. cit.*, p. 67.

5. Polímeros empleados en las intervenciones de adhesión y consolidación

Solubles en algunos hidrocarburos (metilciclohexano) y parcialmente en cetonas (diisobutilcetona, metilcetona) y ésteres (etilacetato y butilacetato), son sustancias flexibles y muy estables (resistentes a la reticulación por fotooxidación). Posee un alto peso molecular y una baja pegajosidad por lo que no puede emplearse por si solo como adhesivo. Los estudios de Down revelaron que se trata del producto vinílico más estable, reversible y capaz de mantener sus propiedades a largo plazo⁴⁷⁹.

Tabla. 20. Composición de productos a base de EVA, según Borgioli y Cremonesi.

Productos	Composición y aspecto	Tg	T ^a activ.	pH	Productor
Beva® O.F. 371	EVA, resina cetónica, éster ftalico y parafina. 40% resina, 60% hidrocarburos aromáticos y alifáticos. Gel opalescente.	18°C	65°C	-	CTS Srl
Beva® O.F. 371 Film	EVA, resina cetónica, éster ftalico y parafina. Melinex siliconado. Film semi-transparente.	-	65-75°C	-	-
Beva® O.F. D-8-S	EVA, PVAc, PVAI y tensioactivo. Dispersión blanca.	-	82-90°C	4-5	CTS Srl
Beva® O.F. Gel	EVA, resina acrílica. Gel marrón.	-	60-65°C	4-5	CTS Srl
Heat-Seal Adhesive 375® Lascaux	EVA, resina cetónica y parafina. Gel transparente.	-	62-65°C	-	Lascaux

Entre los usos industriales destaca su aplicación en suelas de zapatos, juguetes, adhesivos termofusibles (siliconas calientes), goma EVA, colchonetas, paneles fotovoltaicos, etc. Es uno de los componentes de los productos Beva®, diseñados por Gustav Berger en 1972, tan utilizados a escala mundial en el campo de la restauración de pintura de caballete, como adhesivos para reentelados en caliente y frío (Tabla 20)⁴⁸⁰.

⁴⁷⁹ En la polimerización se forman dominios cristalinos y amorfos. El primero es el responsable de las propiedades mecánicas y la resistencia a la temperatura, y el segundo de la flexibilidad. Imparte cohesión tenacidad y flexibilidad a temperaturas bajas a los adhesivos termofusibles. BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 88-89, 97. MARTÍN, S., MARTÍN, M. *Op. cit.*, p. 221.

⁴⁸⁰ El adhesivo Jade ® 403 es un a emulsión a base de copolímero de Etilen vinil acetato (20/80). DOWN, L. *Op. cit.* Cfr. CAMEO. "Jade 403". CAMEO ©2007 MFA. [En línea]. <www.cameo.mfa.org>. [Consulta: 03/06/08].



Fig. 125-126 Beva® O.F. Gel.

En el tratamiento de capas pictóricas contemporáneas se ha empleado con buenos resultados la Beva® O.F. 371

(versión gelificada y film), tanto en intervenciones de adhesión como de consolidación de pintura al óleo (ver Capítulo 7). Los tipos O.F. D-8-S, de mayor flexibilidad que la O.F. 371, y O.F. Gel, de color marrón, quedarían en principio al margen a causa de su coloración y dudoso envejecimiento, lo cual no significa que pudieran ser aplicadas en casos concretos (Fig. 125-126)⁴⁸¹.

5.2.2.2.1.5. Otros copolímeros vinílicos. En el mercado existen otros copolímeros vinílicos, cuya mención consideramos necesario realizar aparte. Se trata de mezclas de vinilacetatos con otros polímeros (éster acrílico) y aditivos empleados en la fabricación de adhesivos, plásticos y pinturas (plastificantes como el Di-butil-maleato DBM o gases como el cloruro de vinilo)⁴⁸².

En tratamientos de estabilización deben emplearse solo como adhesivos, por sus bajas Tg. Los más conocidos son el *Mowilith DMC2®* (el vinílico más estable, sólo superado por los EVA) y *Mowilith SDM5®* (ex DM5) de Hoechst, y en segundo, el *Vinnapas CEF 10W®* de Wacker y el *Acronal 500D®* de BASF⁴⁸³. El grupo de investigadores formado por Doménech *et Al*, ha

⁴⁸¹ BERGER, G. "Consolidation of delaminating paintings". *Op. cit.* BERGER, G. "Application of Heat-Activated Adhesives for the Consolidation of Paintings". *Bulletin of AIC*. Vol. 11, Nº 2, April. Washington: AIC, 1971, pp. 124-128. BERGER, G. "More unconventional treatments for unconventional art". *Studies in Conservation*. Nº 35, febrero. London: IIC, 1990, pp. 1-14.

⁴⁸² Cfr. Carboquímica. "DBM". [En línea]. Carboquímica S.A. 2007. <www.carboquimica.com.co>. [Consulta: 05/09/09]. ATSDR. "Cloruro de vinilo". [En línea]. ATSDR. Atlanta: Gob. USA. <www.atsdr.cdc.gov>. [Consulta: 05/09/09].

⁴⁸³ BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 96-97.

realizado reveladores descubrimientos sobre el deterioro microbiológico del Mowilith® DMC2 y Mowilith® DM5 (Tabla 21)⁴⁸⁴.

Tabla. 21. Composición y propiedades de copolímeros vinílicos en dispersión según Borgioli y Cremonesi.

Producto	Composición	Ø partíc.	pH	Tg	mPas
Mowilith® DMC2	Vinilacetato, di-butil-maleato	55 µ	4-5	10-13	5000-12000
Mowilith® SDM5	Vinilacetato, éster acrílico	53 µ	4-5	2-11	2000-5000
Vinnapas® CEF 10W	Vinilacetato, Etilen, Vinilcloruro	50 µ	6	17	2000
Acronal® 500D	Vinilacetato, éster acrílico	50 µ	3,5-4,5	-13	-

5.2.2.2.2. Resinas acrílicas:

Denominamos polímeros acrílicos a un amplio grupo de resinas sintéticas compuestas por homopolímeros y copolímeros de ésteres de ácidos acrílico y metacrílico, principalmente metil, etil y butilderivados (comprenden tanto las resinas acrílicas como las metacrílicas)⁴⁸⁵. Los ésteres acrílicos, se obtienen de la reacción de condensación de un alcohol y un ácido carboxílico (acrílico o metacrílico)⁴⁸⁶. Ver Fig. 127-128. Se trata de polímeros de poliadición, termoplásticos, que modificados pueden comportarse como termoestables. Diseñados con propiedades específicas para cada aplicación, suelen

⁴⁸⁴ DOMÉNECH CARBÓ, M^a T., BITOSSO, G., CRUZ-CAÑIZARES, J., BOLÍVAR-GALIANO, LÓPEZ-MIRAS, M^a. M., ROMERO-NOGUERA, J., MARTÍN-SÁNCHEZ, I. "Microbial deterioration of Mowilith DMC2, Mowilith DM5 and Conrayt poly(vinyl acetate) emulsions used as binding media of paintings by pyrolysis-silylation-gas chromatography-mass spectrometry". *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. Pyrolysis 2008-18th International Symposium on Analytical and Applied Pyrolysis. Vol. 85, Issues 1-2, mayo. Elsevier, 2009. DOMÉNECH CARBÓ, M^a. T., SILVA, M., AURACASTRO, E., FUSTER-LÓPEZ, L., KRÖNER, S., et al. *Op. cit.* Cfr. DOMÉNECH-CARBÓ, SILVA, FUSTER-LÓPEZ, MECKLENBURG, DOMÉNECH, YUSÁ-MARCO. "An Approach to the Physico-Mechanical Changes Induced by UV Artificial Aging of Selected Vinyl Adhesives Used in Conservation". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

⁴⁸⁵ PERIS VICENTE, J. *Op. cit.*, p. 67. HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 103.

⁴⁸⁶ *Ibid.*, p. 103. Ver: BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 114-120. GÓMEZ GONZÁLEZ, M^a. L. "Composición y características de adhesivos aplicados a la conservación-restauración". *Aplicación de adhesivos en el tratamiento de obras de patrimonio pictórico, documental, arqueológico y etnológico*. Sevilla: IAPH, 2001. MARTÍNEZ, G. "Los polímeros en la conservación y restauración de obras de arte". *Revista de plásticos modernos*. Nº 91, enero. Madrid: Focitec, ICTP- CSIC, 2006.

fabricarse utilizando copolímeros de dos e incluso tres monómeros acrílicos y metacrílicos. En el cuadro lateral podemos apreciar la estructura de los monómeros más comunes en la formulación de resinas acrílicas para restauración: Metil (MA), etil (EA) y butilacrilatos (BA), y metil (MB), etil (EB) y butilmetacrilatos (BM)⁴⁸⁷.

Desde su desarrollo en 1901, han sido aplicadas en la fabricación de pinturas, recubrimientos, adhesivos (sensibles a la presión, de contacto, en húmedo, etc.), acabados de textiles y pieles, productos de papel e impresión, ventanas, lentes ópticas, recubrimientos, etc.⁴⁸⁸. Los acrílicos más utilizados industrialmente se hallan en forma líquida (dispersión coloidal)⁴⁸⁹.

Entre otras características podemos decir que: los homopolímeros suelen ser más plásticos que los copolímeros. Los acrílicos tienen mayor flexibilidad que los metacrílicos, mayores T_g, rigidez y resistencia a la tracción. Según el radical sustituyente, la dureza será superior: Metil > etil > propil > butil.

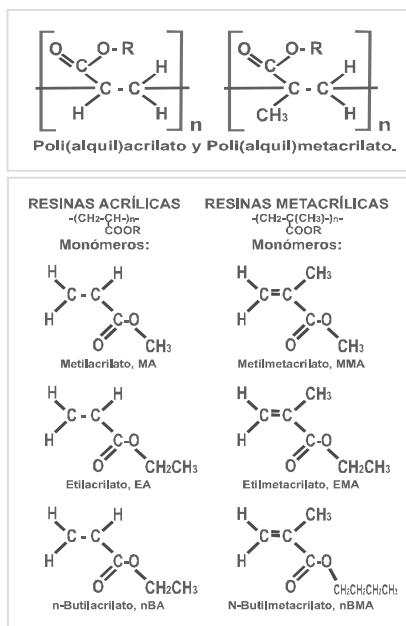


Fig. 127 y 128. Poli(alquíl)acrilato y poli(metil)metacrilato. Horie. Monómeros de polímeros acrílicos. Cremonesi y Borgioli.

⁴⁸⁷ Plexiglas® (Degussa): el Polimetilmetacrilato (PMMA) más conocido (termoplástico transparente, nítido e incoloro, muy resistente a la degradación). *Ibid.*, p. 103. Cfr. Degussa. [Online]. Evonik Degussa GmbH© <www.degussa>. [Consulta: 14/08/09]. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 325.

⁴⁸⁸ CAMEO. "General Characteristics of Polymers". CAMEO ©2007 MFA Boston [En línea]. <www.cameo.mfa.org>. [Consulta: 03/06/08].

⁴⁸⁹ Polimerización de monómeros en emulsión iniciados por radicales libres, en presencia de una disolución acuosa de un surfactante, dan como resultado polímeros en su mayoría amorfos y atácticos con secuencias aleatorias de repetición. MARTÍN, S., MARTÍN, M. *Op. cit.*, pp. 209, 212.

El aumento de carbonos en la macromolécula hará que descienda la polaridad de los disolventes necesarios para solubilizarlos (metil y etil: cetonas, ésteres, hidrocarburos clorados y aromáticos como tolueno; butil: hidrocarburos alifáticos con contenido en aromáticos)⁴⁹⁰.



Fig 129 y 130. Plexisol® P550-40 y Plextol® B500.

En general y respecto a otros materiales, las resinas acrílicas tienen propiedades adhesivas óptimas, forman películas incoloras,

transparentes, con baja tendencia al amarilleo y muy estables a la hidrólisis y a la oxidación (Fig. 129-130)⁴⁹¹, si bien, su punto débil es su sensibilidad a las radiaciones solares (amarilleo y desintegración por UV).

Los metacrilatos son más sensibles a una acción degradativa de escisión que los acrilatos, por contra, afectados por la reticulación hasta su pérdida de solubilidad (se trata de un fenómeno acelerado por el aumento de la temperatura, producido incluso en ausencia de radiaciones UV). No obstante, los metacrilatos son más estables al amarilleo que los acrilatos.

Por otro lado, el aumento de carbonos, aumenta también la inestabilidad del polímero. Claro está, que las formulaciones comerciales, contienen mezclas de polímeros y aditivos, con lo cual cada producto tendrá un comportamiento

⁴⁹⁰ *Ibid.*, p. 103. BORGIOLI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 114-120. PERIS VICENTE, J. *Op. cit.* OSETE-CORTINA, L., DOMÉNECH CARBÓ, M^a. T. "Characterization of acrylic resins used for restoration of artworks by pyrolysis-silylation-gas chromatography/mass spectrometry with hexamethyldisilazane". *Journal of Chromatography A*. Vol. 1127, Issues 1-2, 15 September. Elsevier, 2006, pp. 228-236.

⁴⁹¹ MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 220. MARTÍN, S., MARTÍN, M. *Op. cit.*, p. 211.

más o menos parecido a las resinas puras de partida. Al respecto, Borgioli y Cremonesi, afirman que los tensioactivos presentes en las emulsiones acrílicas producen un amarilleo superior al de las propias resinas⁴⁹². Su resistencia al amarilleo es mayor que las resinas de PVAc, lo que hizo que se pusieran de moda en los 50⁴⁹³.

Tabla. 22. Composición y propiedades de algunas resinas acrílicas sólidas (s) y en dispersión (d) empleadas en estabilización de pintura actual. Cremonesi, Borgioli y CAMEO.

Producto	Composición	Tg (°C)	MFT (°C)	pH	(mPas)	Ø partíc.
Paraloid® B-72	MA/EMA (s)	40	-	-	-	-
Plexisol® P550	nBMA (solución)	25	-	-	-	-
Primal® AC-33	EA/MMA (d)	16	8	9-9,5	-	0,1 µm
Acril® 33	EA/MMA (d)	6-8	6	8-9	2500-5000	0,15µm
Plextol® B500	EA/MMA (d)	9	7	9-10	1100-4500	-
Lascaux® 360HV	BA/MMA (d)	-8	0	8-9	-	-
Lascaux® 498HV	BA/MMA (d)	13	5	8-9	-	-

Las resinas termoplásticas en dispersión parecen ser más flexibles incluso tras el envejecimiento artificial, su estabilidad es ligeramente menor que las acrílicas en solución pero dan menos problemas⁴⁹⁴. Desde su introducción en restauración en los años 30, las resinas acrílicas han sido empleadas en multitud de especialidades y aplicaciones: protecciones, consolidaciones, fijaciones, reentelados, barnizados y medios de reintegración⁴⁹⁵.

Existe una gran cantidad de productos y marcas comerciales (Tabla 22), tanto en sólido como en dispersión: Plexigum® (M286, M339), Paraloid® (B-

⁴⁹² *Ibid.*, p. 209-216. BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 117-119.

⁴⁹³ HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 110.

⁴⁹⁴ LORNE, A. *Report of the Matte Paint Project. Phase 2*. Amsterdam: Instituut Collectie Nederland, 1996. LORNE, A. "An approach to the problems of consolidation of matte paint layers in ethnographic collections". *Het behoud vat etnografische collecties*. Amsterdam: Centraal Laboratorium voor Onderzoek naar Voorwerpen van Kunst en Wetenschap, 1995, pp. 33-49.

⁴⁹⁵ BORGIOLO, L. "Analisi degli strumenti di ricerca e di diagnosi scientifica. Pesi Molecolari e GPC". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, p. 134. Cfr. BOTTI, F., PASCALINO, F. "Acrylic Resins Employed in the Conservation and Restoration of Books and Documents". Roma: ICPL. [En línea]. <www.patologiaibro.beniculturali.it>. [Consulta: 06/06/09].

72, B-66, B-44, B-82), Primal® AC-33 (dejó de fabricarse en 2000) y Plextol® (B-500, D-360, D-498) de la *Rohm & Haas*; Acril® 33 (sustituto del Primal® AC-33) de *CTS*, Elvacite® (2044, 2046) de *Du Pont*, Plexisol® P550 de *Degussa*, Lascaux® (360HV y 498HV) de *Lascaux*, etc.⁴⁹⁶.

De las anteriores, las típicamente utilizadas en tratamientos de estabilización de estratos pictóricos en pintura de caballete tradicional y actual, serían: el Paraloid® B-72 (aunque su uso en países anglosajones parece ser controvertido)⁴⁹⁷ y el Plexisol® B-550 como consolidantes, y las dispersiones Acril® 33, Plextol® B-500, Lascaux® 360HV y 498HV como adhesivos, principalmente (ver fichas)⁴⁹⁸. Existen algunas noticias sobre la aplicación de otras resinas acrílicas como el *HydroGrund® Sealer* de *Lascaux* en el tratamiento de pintura con grandes texturas y gruesos⁴⁹⁹.

En los últimos años, con el desarrollo de la Nanotecnología, las microemulsiones acrílicas han sido diseñadas con especiales características que las hacen idóneas para la consolidación de materiales pétreos debido al pequeño tamaño de sus partículas (ver C.6). Son termodinámicamente estables, con partículas de 0,05 micron frente a los 5 a 10 micrón de las emulsiones comunes y de bajas viscosidades. El ACRIL ME® (fina dispersión acrílica), presentado por *CTS*, posee un tamaño de partícula de 50 nm, unida a una excepcional estabilidad. Con un mecanismo de degradación inverso al del Paraloid® B-72, sufre una progresiva reticulación con un ligero aumento de la Tg y reducción de la solubilidad, lo cual resulta aceptable para un consolidante según los investigadores⁵⁰⁰.

⁴⁹⁶ CAMEO. "General Characteristics of Polymers". *Op. cit.* BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 123-130.

⁴⁹⁷ ELIAS, M., SINDACO, C. "Le refixage et la consolidation des peintures non vernies. Une collaboration entre scientifique et restaurateur". Support/Tracé, nº 6. Paris: ARSAG, 2006, p. 90. BORGHESE, P., FERRIANI, B. *Op. cit.*, pp. 48-56.

⁴⁹⁸ El Plexisol® B-550 puede aplicarse también en intervenciones de adhesión. La proporción (10-50%) depende del espesor de los empastes (ej. obra de Anselm Kiefer). Cfr. BURGESS, E. "Twilight of the West: Contemporary solutions for some contemporary problems". *Painting Conservation. Artonvieuw*. 1 autumn, 1995. [En línea]. Canberra: © 2008 NGA. <www.nga.gov.au>. [Consulta: 22/06/08].

⁴⁹⁹ Informante: Nicolas Lemmes (ver información encuestados).

⁵⁰⁰ El Fluoline® HY mantiene una gran solubilidad en el tiempo. Resultados presentados por Borgioli, Camaiti y Rosi en el Congreso IGIIC de Spoleto de 2008. Cfr. CTS. "Microemulsioni acriliche". *Bollettino (17.1. Nuovi Prodotti)*. [En línea]. CTS. <www.ctseurope.com>. [Consulta: 09/08/09].

5.2.2.3. Polímeros de amidas terciarias alifáticas, PEOX:

Los homopolímeros de amidas terciarias alifáticas (Poli(2-Etil-2-oxazolona) PEOX, se prepararon en 1986, mediante polimerización por apertura catiónica del anillo del monómero 2-Etil-2-Oxazolona. Fig. 131.

Tras la recepción de varias patentes para su producción en 1977, finalmente la Dow concedió una licencia en los años 90, a la estadounidense *Polymer Chemistry Innovations*, a fin de manufacturar y distribuir este polímero de inusuales propiedades físico-químicas, bajo el nombre comercial de *Aquazol*⁵⁰¹.

En 1994 Richard Wolbers propuso su utilización como potencial consolidante en restauración⁵⁰². La empresa CTS introdujo este producto en su catálogo en 2006⁵⁰³.

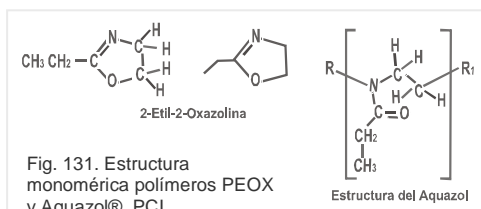


Fig. 131. Estructura monomérica polímeros PEOX v Aquazol®. P.C.I.

Se distribuye en sólido, según distintos pesos moleculares que van de 5.000-500.000 uma., en Aquazol® 5, 50, 200, 500. Es soluble en un amplio rango de solventes, incluso agua, miscible con gran cantidad de materiales poliméricos y capaz de aumentar su adhesividad sobre una amplia gama de sustratos, Tg cercana a 70°C, pH neutro, carácter no iónico, termoplástico, combustión limpia, posibilidad de emplearse como *Heat-sealing* a 55°C, no tóxico y biodegradable. Respecto a su envejecimiento, parece despolimerizar, la exposición lumínica no tiene efectos sobre su coloración aunque es sensible a los UV, no se produce un aumento de la acidez (pH 6,4 inicial y 6.2 final), mantiene el carácter plástico aún en condiciones de HR baja, y su comportamiento es el de un adhesivo débil (ver ficha)⁵⁰⁴.

⁵⁰¹BORGIOLI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 171. WOLBERS, R., MCGYNN, M., DUERBECK, D. "Poly(2-Ethyl-2-Oxazoline): a new conservation consolidant". *Painted Wood. History and Conservation. Proceedings of the Symposium in Williamsburg*. Virginia: 1994, pp. 514-527. KNIGHT, E., BORGIOLI, L. "Un nuovo polimero per il consolidamento". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, pp. 188-189.

⁵⁰² *Ibid.* p. 514. Cfr. P.C.I. Web. "Aquazol" © Polymer Chemistry Innovations, Inc. [En línea]. <www.polychemistry.com>. [Consulta: 11/08/09].

⁵⁰³ Cfr. BORGIOLI, L. "Sempre più Aquazol". *Bollettino*. [En línea]. C.T.S Italia <www.ctseurope.com>. [Consulta: 21/08/09].

⁵⁰⁴ WOLBERS, R. *Op. cit.*, pp. 118-119.

Se ha empleado como adhesivo *hot melt* y *pressure-sensitive*, en la fabricación de envases para alimentos, papeles para impresión, en la industria metalúrgica y como aglutinante cerámico “ecológico”.

Tabla. 23. Propiedades del Aquazol® frente a otros adhesivos acuosos. CTS.

Producto	Frágil a baja HR	Encoge	Absorbe humedad	Ataque microbiológico	Reversibilidad
Aquazol®	no	no	sí	escaso	Agua, solventes de polaridad media-alta
Gelatina (coletta)	sí	sí	sí	fuerte	Agua
Cola de esturión	sí	sí	sí	fuerte	Agua
PVA	no	no	No/sí	escaso	Solventes polares

Al tratarse de un material experimental en restauración, la evaluación de su viabilidad en el tratamiento de obras de arte es un hecho reciente. Destacan los estudios realizados por Wolbers para su caracterización y aplicación como plastificante estable de otros polímeros (resinas epoxi y acrílicas) y aditivo capaz de modificar de forma duradera la Tg y las propiedades mecánicas del ácido poliacrílico o del Paraloid® B-72, entre otros⁵⁰⁵. Julie Arslanoglu lo comparó con varios adhesivos acuosos (colas animales y sintéticas), subrayando frente a los adhesivos proteicos, la ventaja de su aplicación en frío, la homogeneidad de su difusión horizontal y su menor densidad a igual concentración que la cola de esturión⁵⁰⁶. Tabla 23.

⁵⁰⁵Es miscible con polímeros como el PVAI, PVB, pasta de almidón, cola de piel o metilcelulosa, otorgándoles propiedades mecánicas duraderas y estables. Ver: WOLBERS, R., MCGYNN, M., DUERBECK, D. Op. cit. WOLBERS, R. Op. cit., pp. 118-119. WOLBERS, R. "Valutazione a breve e lungo termine delle proprietà e delle interazioni di adesivi e consolidanti". 4º Congresso Internazionale Colore e Conservazione. Notas extraídas asistencia videoconferencia en Vilanova i la Geltrú (UPC). Milán: CESMAR7, noviembre 2008. BORGIOI, L. "Sempre più Aquazol". Op. cit. BENEFORTI. "Aquazol, un polimero dalle interessanti proprietà che lo propongo come versatile fissativo e consolidante". Beneforti. 11/03/07 Beneforti.it©. [En línea]. <www.beneforti.it>. [Consulta: 19/10/08].

⁵⁰⁶ARSLANOGLU, J. "Evaluation of the use of Aquazol as an adhesive in painting conservation". *WAAC Newsletter*. Vol. 25, nº 2, 2003, pp. 12-18. ARSLANOGLU, J. "Aquazol as used in conservation practice". *WAAC Newsletter*. Vol. 26, nº 1, 2004, pp. 10-15. ARSLANOGLU, J. "Using Aquazol: A Brief Summary". *AIC Painting Specialty Group Postprints. Portland, Oregon, June 9-14, 2004*. AIC, 2005, Vol. 17, pp. 107-110.

Incluido en las investigaciones realizadas por la comisión científica del CESMAR7 (congresos 06 y 08)⁵⁰⁷, sus particulares propiedades lo convierten en un producto versátil en distintos tratamientos tales como la consolidación de soportes (textiles, cuero, vidrio), la estabilización de capas pictóricas (escultura policromada, vidrio, esmalte, barro sin cocer y pintura de caballete), y su uso como aglutinante para estucos y medio de reintegración (ver ficha)⁵⁰⁸. La eliminación de los residuos mediante un amplio rango de solventes permite el tratamiento de superficies pictóricas complejas⁵⁰⁹.



Fig. 132. Fijación *Aislamiento M73A* de Anzo.

En el Dpto. de Conservación Restauración de Arte Contemporáneo del IVC+R se utilizó con éxito en la adhesión de pintura acrílica y óleo de la obra de Enric Solbes *El màgic tanca un cercle* y de la de Anzo, *Aislamiento M73A* realizada con esmalte sobre plancha de acero (Fig. 132)⁵¹⁰.

⁵⁰⁷ BUZZEGOLI, E., LANDI, L., MINOTTI, D. "Fenomeni di diffusione, in supporto poroso, di materiali utilizzati per il consolidamento in opere di pittura". *L'Attenzione alle superficie*. CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, pp. 83-84. WOLBERS, R. "Valutazione" *Op. cit.* BORGIOI, L. *Op. cit.* KNIGHT, E., BORGIOI, L. "Un nuovo polimero per il consolidamento" *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, pp. 188-189.

⁵⁰⁸ *Ibidem*. BORACCI, V., SABAHI, F., BARIGIONE, L. "Studio scientifico su un crocifisso policromo di inizio XVII secolo". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, pp. 169-172. MAGEE, C. "The treatment of severely deteriorated enamel". *ICOM 12th Triennial Meeting*. Vol. 18, n^o 2. Lyon: ICOM, 1999, pp. 787-792. Cfr. VENTIKOU, M. "A Chinese Figure in Unfired Clay: Technical Investigation and Conservation Treatment". *V&M Conservation Journal*, N^o 38 Summer 2001. <www.vam.uk>. [Consulta: 21/08/09]. NESSI, A., ROSSIGNOLI, G., SALVIOLI, N. "Sperimentazioni tecniche di restauro e conservazione dei cuoi del Museo Stefano Bardini". *Atti Congresso "Lo Stato dell'Arte 4"*. IGIIC, Siena. Firenze: Nardini Editore, 2006, pp. 239-245. Cfr. JORDAN, F. "Reverse Painting on Glass in the British Galleries". *V&C Conservation Journal*. N^o 39, 2001. [En línea]. <www.vam.uk>. [Consulta: 20/08/09]. WOLBERS, R., MCGYNN, M., DUERBECK, D. *Op. cit.*, pp. 514-527.

⁵⁰⁹ WOLBERS, R., MCGYNN, M., DUERBECK, D. *Op. cit.*, p. 515.

⁵¹⁰ MARTÍNEZ LÁZARO, I. "Un cas de difícil solució: *Aillament M73A*, 1973, d'Anzo". *La conservació d'art contemporani. Casos d'estudi a partir de la Col.lecció Martínez Guerricabeitia de la Universitat de València*. Valencia: GMC, 2011, p. 35.

Borgioli y Ferriani lo emplearon en la fijación de una pintura acrílica descamada de gran complejidad realizada por el artista italiano Mario Merz (1925-2003)⁵¹¹, siendo también seleccionado como fijativo de una obra de Emilio Scanavino (1922-1986), debido su bajo impacto cromático⁵¹².

5.2.2.2.4. Polímeros fluorados:

El primer polímero fluorado que vio la luz en 1938, era el Teflón desarrollado por *Du Pont*⁵¹³. Clasificados en diversas familias (elastómeros fluorados, fluorotermoplásticos, politetrafluoretileno PTFE y derivados), existe una amplia gama de fluoropolímeros con diversas aplicaciones en la industria de alta precisión: aeroespacial, química y de control de contaminación, automoción, alimentación, transporte y/o petrolífera⁵¹⁴.

La presencia del flúor en la estructura orgánica proporciona propiedades físico químicas especiales, como son una elevada estabilidad del enlace C-F a los agentes químicos, a la luz y al calor, bajo índice de fricción, alta polaridad, efecto hidrofóbico y oleo-repelente, baja mojabilidad, transparencia a las radiaciones luminosas, reversibilidad, mínimo fenómeno de reticulación y baja adhesividad. Propiedades que, frente a otros polímeros, dan respuesta a ciertos problemas planteados en el ámbito de la restauración de materiales pétreos (introducidos hacia 1985). Tras años de investigación, se desarrolla el uso de dos familias de polímeros fluorados, los perfluoropolíéters y los elastómeros fluorados (similares a una goma natural en algunos aspectos)⁵¹⁵.
Fig. 133.

⁵¹¹ BORGIOLO, L., FERRIANI, B. "Spicchi d'Igloo di Mario Merz". *Atti del Congresso "Lo stato dell'arte 4"*. Siena, 28-30 septiembre 2006. CTS "Sempre più Aquazol". *Bolletino*. [En línea]. C.T.S Italia. <www.ctseurope.com>. [Consulta: 21/08/09].

⁵¹² Cfr. BORGIOLO, L. "Resinas naturales y polímeros sintéticos". Apuntes curso. IVC+R, Valencia, noviembre 2008.

⁵¹³ Cfr. CTS. "Fluorati: Next Generation". *Bollettino (Nuovi Prodotti)*. [En línea]. CTS. <www.ctseurope.com>. [Consulta: 09/08/09].

⁵¹⁴ GEOSCOPIO. "Se amplía la gama de innovadores polímeros fluorados". *Geoscopio noticias*. 05/06/02. Copyright 2009©-Serina. [En línea]. <www.geoscopio.com>. [Consulta: 09/08/09]. Cfr. CAPELLA, F. "Los polímeros fluorados resisten cualquier agresión". *Interempresas*. 01/05/96. [En línea]. <www.interempresas...>. [Consulta: 13/08/09].

⁵¹⁵ Cfr. CTS. *Op. cit.* CTS. "La rinascita del fluoropolietere". *Bollettino*. [En línea]. CTS. <www.ctseurope.com>. [Consulta: 09/08/09]. La baja adhesividad del PTFE, PCTFE, FEP, fluoruro de polivinilo y polifluoruro de polivinilideno, hace

Pertenecientes a este último grupo, CTS ha presentado dos nuevos productos basados en la química del flúor. El Fluoline® HY como sustituto del Akeogard® CO y el Fluoline® ST para reemplazar al Akeogard® Stucco⁵¹⁶.

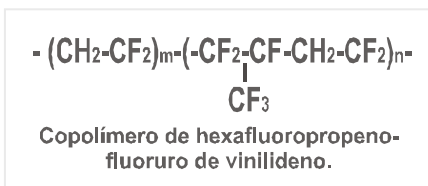


Fig. 133. Copolímero Fluoline HY y ST.

Solubles en solventes polares (ésteres y cetonas), de elevada estabilidad a los UV, a los agentes químicos y atmosféricos, reversibles, elásticos, hidro y óleo-repelentes, no tóxicos, de durabilidad y reducción de la permeabilidad medias y efecto aglutinante medio, se emplean como impermeabilizantes, agregantes superficiales y en la elaboración de morteros. El Fluoline® HY, utilizado en el tratamiento de piedra muy porosa (excepto de las de tono claro al englobar el polvo en suspensión), puede usarse como fijativo para temple pulverulentos o con tendencia a la exfoliación, así como protector temporal (ver ficha)⁵¹⁷. En 2008, se presentaron en el Congreso CESMAR7 los resultados de un interesante proyecto de investigación en torno a la aplicación de este producto en el tratamiento de estabilización una obra contemporánea mate (temple sobre lienzo), del artista italiano Mario Sironi (1885-1961)⁵¹⁸.

necesario preparar la superficie. MARTÍN, M. "Tratamientos superficiales de sólidos de baja energía superficial". *Tecnología de la adhesión. Op. cit.*, p. 93.

⁵¹⁶ La molécula empleada en su elaboración es un copolímero de hexafluoropropeno-fluoruro de vinilideno, con un contenido de flúor del 65%.

⁵¹⁷ Reagregante superficial con efecto consolidante con moléculas de enormes dimensiones (PM: 360.000) y baja capacidad de penetración. *Ibidem*. WEISSERMEL, K., ARPE, H. J. *Química orgánica industrial*. Barcelona: Ed. Reverté, 1991, pp. 211-212. El Akeogard es el consolidante que confiere un menor cambio a la tela. BUZZEGOLI, E., LANDI, L., MINOTTI, D. *Op. cit.*, p. 85.

⁵¹⁸ Se aplicaron hasta 10 manos de 3% Fluoline® HY en butilacetato y acetona. Las zonas blancas, se trataron con 10% de Beva® 371 en ciclohexano más presión con espátula caliente. BUZZEGOLI, E., CAVALCA, N., FALCUCCI, C., LANDI, KUNTZELMAN, MARZULLO, MASTROPASQUA, MICHALSKI, MINOTTI, TELLINI, PICOLLO, POGGI, ROSSI DORIA, TOSINI. "Due casi di restauro di dipinti di artistici pugliesi contemporanei". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti del congresso CESMAR7 Milano, 2008. Padova: Il Prato, 2009.

5.2.2.3. Hidrocarburos:

5.2.2.3.1. Ciclododecano:

El Ciclododecano ($C_{12}H_{24}$), no es un polímero, sino una molécula orgánica compleja, un hidrocarburo cíclico saturado, sólido y volátil, perteneciente al grupo de los cicloalcanos (ver ficha)⁵¹⁹. Debido a su importancia como consolidante y protector temporal en conservación de pintura, textiles y obras arquitectónicas, hemos considerado necesario su inclusión a final de este capítulo. Se trata de una sustancia en forma de cristales de aspecto ceroso, químicamente estable e inerte, cuya principal característica es su capacidad de sublimar a temperatura ambiente. Es decir, de pasar de estado sólido a gaseoso, sin pasar por líquido, gracias a su elevada presión de vapor (0,073 h Pa a 20°C).



Fig. 134. CCD en aerosol.

Este consolidante efímero (*volatile binding media*) fue introducido en Alemania en 1995 por Hans Michael Hangleiter, Erhard y Elisabeth Jägers, tras diversos estudios comparativos entre este producto y otros hidrocarburos cíclicos como el canfeno, el tricicleno y el mentol⁵²⁰. En el comercio se presenta tanto en forma sólida como en aerosol.

Los buenos resultados obtenidos, sugieren su aplicación tanto en este tipo de intervenciones, como en la mejora de otros procedimientos empleados actualmente en restauración. Se ha analizado su uso como fijador temporal para medios sensibles al agua sobre soportes como el papel y lienzo, aislante para tratamientos de limpieza acuosos en pintura, película de barrera en moldes para objetos porosos, protector de superficies, elaboración de

⁵¹⁹ BAGAN PÉREZ, R. "El ciclododecà i les seves aplicacions en conservació-restauració". *Unicum*. Nº 7, mayo 2008. Barcelona: ESCRBC, 2008, p. 156. GUDRUN, H. *Il Ciclododecano nel restauro di dipinti su tela e manufatti*. Quaderni del CESMAR7. Padova: Il Prato, 2008.

⁵²⁰ *Ibidem*. CAGNA, M., RIGGIARDI, D. "Il controllo dei tempi di sublimazione del ciclododecano utilizzato come fissativo temporaneo". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti del congresso CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, p. 91-98. HANGLEITER, H., SALZMANN, L. "Un legante volatile: il ciclododecano". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, pp. 109-113.

engasados para materiales arqueológicos y pintura mural, así como aislante del reverso de pinturas en limpieza de barnices solubilizados con soluciones alcohólicas o hidroalcohólicas⁵²¹. Puede emplearse incluso en caso de presencia de levantamientos y pulverulencia, ejerciendo una consolidación y protección temporal para el transporte de objetos frágiles (Fig. 134)⁵²².

5.2.2.3.2. Cera de parafina:

La cera de parafina es un derivado del petróleo, un hidrocarburo alcano (C_nH_{2n+2}) con moléculas más pesadas. Un material en forma sólida con un mayor número de átomos de carbono (C_{20} a C_{40}), descubierto en 1830 por Carl Reichenbach⁵²³. Sólido ceroso, de color blanco, inodoro, con punto de fusión de 47° C a 64° C, insoluble al agua, soluble en éter, benceno y algunos ésteres, de baja reactividad, buen aislante eléctrico, de entre sus múltiples usos destacan la formulación de adhesivos, pinturas y barnices, cosmética y farmacopea, agricultura, alimentación, industria textil, y/o fabricación de velas, etc.

Se ha empleado excepcionalmente en intervenciones de estabilización de pintura contemporánea. La obra *Sussex Pastoral* (temple de huevo sobre tela pegado a tabla), presentaba multitud de pérdidas y levantamientos. Tras varios tratamientos, la aplicación de parafina fue la única vía posible capaz de fijar el color de la pieza⁵²⁴.

⁵²¹ Cfr. BRÜCKLE, I., THORNTON, J., NICHOLS, K., STRICKLER, G. "Cyclododecane: Technical note on some uses in paper and objects conservation". [En línea] *JAIC*. Vol. 38, nº 2. AIC, 1999. <<http://aic.stanford.edu>>. [Consulta: 06/06/09]. Ver: HANGLEITER. *Cyclododecan*. <www.cyclododecane.net>. [Consulta: 01/09/09]. Cfr. CTS. "Ciclododecano. Caratteristiche chimico-fisiche". [En línea]. CTS Italia. <www.ctseurope.com>. [Consulta: 09/08/09].

⁵²² Puede aplicarse directamente o interponiendo papel japonés.

⁵²³ Cfr. CEPESA. *Parafina*. [En línea]. ©CEPSA 2010. <www.cepsa.com>. [Consulta: 05/06/11].

⁵²⁴ *Ibidem*. Cfr. CCI: "Conservation Treatment of Sussex Pastoral". *Preserving My Heritage. Before & After Gallery*. [En línea]. Ottawa: CCI, 2009. <www.preservation.gc.ca>. [Consulta: 12/09/09].

5.3. FICHAS ADHESIVOS Y CONSOLIDANTES:

5.3.1. Compuestos naturales orgánicos:

5.3.1.1. Polisacáridos:

5.3.1.1.1. Funori⁵²⁵:

Origen y composición: vegetal. Polisacárido. Mucílago extraído de tres tipos de algas rojas (*Gloiopeltis tenax* o *mafunori*, *Gloiopeltis complanata* o *hana-funori* y *Gloiopeltis furcata* o *fukuro-funori* (Fig. 135). Las algas de la familia *Rhodophyta*, a la que pertenecen las *Gloiopeltis*, se agrupan en tres tipos: agares, carragenos y porfiranos.



Fig. 135. Funori (alga) y extracto seco.

Pertenece al subgrupo de los agares aunque se aproxima a la de los carragenos⁵²⁶. La sustancia obtenida es un polímero natural carbohidratado compuesto por unidades repetidas de sacáridos (azúcares).

⁵²⁵ Cfr. SWIDER, J., SMITH, M. *Op. cit.*, pp. 117-126. MASSON, O., RITTER, M. "Fräulein Huth" and the red seaweed: Consolidation of a collage by Kurt Schwitters with JunFunori®" *The Paper Conservator*. Vol. 28, 2004, p. 94. Cfr. CAMEO. Búsqueda: Funori. [En línea]. Boston: Museum of Fine Arts, 2007 <<http://cameo.mfa.org>>. [Consulta: 07/08/07]. WINTER, J. *Op. cit.* MICHEL, F., GEIGER, T., REICHLIN, A., TEOH-SAPKOTA, G. *Op. cit.*, pp. 257-274. OWEN, A., DANZING, R. "The History and Treatment of the Papyrus Collection at The Brooklyn Museum". *The Book and Paper Group Annual*. Vol. 12. Washington: AIC, 1993. Cfr. TAKAMI, M. "Funori as a Cleaning Agent for Historic Textiles: A Preliminary Investigation of its surfactant Properties and Cleaning effect". *The Textile Newsletter*. [En línea]. Roma: ICOM-ICR, 2000. <www.icr.it>. [Consulta: 12/01/08]. HORIE, C.V., *Op. cit.*, p. 143.

⁵²⁶ Depuración 3 a 4 meses (cambio de rojo oscuro a amarillo pálido verdoso): lavado con agua, ablandamiento, blanqueamiento con peróxido del sodio y doble aclarado con agua, blanqueado al sol sobre estera de paja, secado, cortado y enrollado. Las cadenas polisacáridas de los agares y carragenos se basan en dos formas repetidas de galactosa con doble hélice (β -D-galactosa y 3,6-anhidro- α -L-galactosa o D-galactosa). El carrageno tiene ambos monómeros de galactosa unidos en la forma D y el agar, la anhidra en forma de L. Ambos polisacáridos se enlazan alternando enlaces β 1P4 y α 1P3. Los carragenos están altamente sulfatados. La mayoría de agares pueden tener trazas sulfato. El funori posee un

Otros términos: Funori, Fu (mar), no (musgo) y ri (fragante). *Funoran, mucilage, japanese seaweed adhesive, halio.*

Propiedades físico-químicas⁵²⁷:

- Soluble en agua.
- Bajo poder adhesivo.
- Baja viscosidad. Gelifica con dificultad a causa de la presencia de grupos sulfato en su estructura.
- Buena penetración y humectación (baja tensión superficial).
- pH (en agua desionizada): 6,2 a 7,5, e incluso 9,5-10 (testar partida).
- Forma *films* delgados, muy flexibles y elásticos, ligeramente amarillentos y mates.
- No deja brillos. Puede dejar manchas blanquecinas en superficie.
- Se puede mezclar con otros adhesivos⁵²⁸.
- Degradación: blanqueamiento bajo condiciones extremas de iluminación, *films* ligeramente quebradizos pero todavía flexibles, ligeros cambios ópticos. No se ha demostrado la producción de ácido sulfúrico.
- Aparente actividad antimicrobiológica. Susceptible de ataque biológico expuesto a 85%-95% HR.

Presentación: madejas secas de color amarillo oscuro.

Aplicaciones:

- Empleado tradicionalmente en Japón (s. XVII): manufactura del papel, textiles, espesante para tintes, cemento para azulejos, conservación de papel y limpieza de quimonos.
- En restauración de papel, pinturas y objetos del Este Asiático. Adhesivo para estratos en los que se requiera una resistencia baja (papel, papiros, textil, dorado) o un acabado mate (incluso en estratos espesos).

enlace entre los dos tipos, este contiene el agar 3,6-anhidro- α -L-galactosa pero ligeramente sulfatado como el de los carragenos. *Ibidem.*

⁵²⁷ Las propiedades varían dependiendo del hábitat, especie, temperatura del agua, presencia de sal y proceso de producción. Con agua a temperatura ambiente se obtiene un producto de bajo peso molecular, baja viscosidad y mayor poder adhesivo. Y con caliente, un mayor peso molecular y viscosidad. *Ibidem.*

⁵²⁸ Con almidón aumenta la viscosidad y mejora la homogeneidad y con cola de esturión la fuerza adhesiva y la capacidad de penetración.

Aglutinante para reintegraciones mates. Posible uso como agente limpiador y tensioactivo en textiles (0,1%). Se investiga su aplicación como agente antitumoral o aditivo en la elaboración de enjuagues bucales.

- En empapelados puede provocar cambios pinturas por variaciones de color e impactar en la resistencia del papel (eliminar residuos con premura)⁵²⁹. Amarilleo. Variaciones de pH y demás propiedades.

Preparación: existen varios métodos:

- Coger una porción y lavar con agua durante 15 o 30 minutos aunque se pierda producto. Otras proporciones (agua desionizada): 1g en 150 cc, 1gr en 120 cc., 6g en 200 ml, 5-10 g en 90 de agua⁵³⁰.
- Hidratar cubriéndolo con agua destilada de 6 a 8h, o toda la noche en el frigorífico. Tirar el agua. Calentar al baño María (60º-90ºC) de 20 a 60 minutos obteniendo una solución concentrada. Se puede añadir agua. Colar a través de una gasa de trama cerrada
- Puede almacenarse en la nevera hasta que comience a perder adhesión (calentar antes de usar). El extracto puede deshidratarse y guardarse en seco. Controlar el tiempo de almacenaje. Preparar la concentración deseada e hidratar durante 10 minutos (se recomienda al 1%)⁵³¹.
- Puede aplicarse con pincel o mediante un nebulizador por ultrasonidos.

Riesgos y medidas de protección: no es tóxico.

Distribución: Sekaido New York (Productos de Conservación S.A.).

Observaciones: Desarrollo JunFunori®⁵³². Almacenar en lugares secos, en botes cerrados, sin iluminación. Testar calidad y pH producto almacenado.

⁵²⁹ Cfr. FAN, T-F. "Experimental Evaluation of Adhesives for Temporary Facing in Eastern Painting Conservation". *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

⁵³⁰ Boletín Información Productos de Conservación. Junio, nº 48. Madrid: P.C., 2001. Cfr. EVANS, D. "Funori: a Short Description, Recipe and Source". *The Book and Paper Group Annual*. Vol. 3. AIC: 1984. <http://aic.stanford>. [Consulta: 05/11/07]. KREMER. 63477. "Funori, Japanese alga glue". *Kremer Pigmente*. Aichstetten.

⁵³¹ Cfr. MICHEL, F. "Funori and JunFunori: Two Related Consolidants With Surprising Properties". *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

⁵³² Cfr. Lascaux JunFunori® Web Lascaux. [En línea]. Brüttisellen: Lascaux Colours & Restauro, 2008. <www.lascaux.ch>. [Consulta: 11/01/08].

5.3.1.1.2. JunFunori®⁵³³:

Origen y composición: vegetal. Polisacárido sulfatado. Extracto puro de gran calidad del alga roja *Gloiopeltis furcata* (océano Pacífico: costas de Japón, Sur de China, América del Norte y Corea), (Fig. 136). Desarrollado para controlar las variaciones de calidad del Funori⁵³⁴.

Otros términos: Jun (puro)-Funori.

Propiedades físico-químicas:

- Soluble en agua (hidrófila de absorción lenta).
- pH a 0,1g/l en agua: 7,5-7,7.
- Conductividad a 0,1g/l en agua: 150-160 $\mu\text{S/cm}$, en agua del grifo sobre 290 $\mu\text{S/cm}$ y en agua desionizada sobre 5 $\mu\text{S/cm}$.
- Al 1% w/v tiene una viscosidad 10 veces mayor que el funori.
- Poder adhesivo bajo (menor que el funori), pero de mayor resistencia.
- Punto de fusión: $>90^{\circ}\text{C}$.
- Precipita en isopropanol puro.
- No produce decoloración ni formación de cercos.
- Dificultad para humectar algunos pigmentos: blanco de titanio.
- Soluble en agua tras el envejecimiento a diferencia de la cola de esturión. No varía las propiedades mecánicas reteniendo su flexibilidad. No hay



Fig. 136. JunFunori®.

⁵³³Cfr. Lascaux JunFunori®, *Op. cit.* EMPA. *Product Information and Safty Information. JunFunori®. Version 2.0.* [En línea]. Dübendorf: EMPA, 2003. <www.empa.ch/>. [Consulta: 12/01/08]. GEIGER, T., MICHEL, F. "Studies on the Polysaccharide JunFunori Used to Consolidate Matt Paint". *Studies in Conservation*. Vol. 50, N° 3. London: IIC, 2005, p. 193. MASSON, O., RITTER, M. *Op. cit.*, p. 94. GAGNÉ, S. "JunFunori® and Water Based Media: A Comparative Investigation into Media Used to Inpaint Matte Surfaces". *Annual Student Conference*. [En línea]. Cambridge: Harvard University Art Museums, Straus Center for Conservation and Technical Studies, 2007. <www.ischool.utexas.edu>. [Consulta: 11/01/08]. Cfr. SCHLEUNIGER, J., FRANÇOISE, M. "JunFunori®: A new Media for the Consolidation of Matt Paint". *This Will Stick Forever. Attaching & Releasing*. Budapest: IADA/PnyME, 2005. [En línea]. <http://palimpsest.stanford.edu>. [Consulta: 12/01/08].

⁵³⁴ Investigación desarrollada por The Institute for Preservation of Monuments and Historic Buildings at the Swiss Federal Institute of Technology Zurich (ETH), The Swiss Federal Materials Science and Technology Research Institution (EMPA) y el Centre for Conservation en el Swiss National Museum, comercializado exclusivamente por Lascaux®.

datos respecto a la reactividad. No muestra una tendencia mayor hacia ataque microbiológico que otros consolidantes. Estable a los UV⁵³⁵ y a las variaciones de HR y T^a.

Presentación: polvo claro a gris oscuro, sin olor.

Aplicaciones: agente protector, estucos, suturas (combinado con cola de esturión), consolidación, adhesión y reintegración de capas pictóricas mates y acrílicos (1% W/v en agua, y pigmentos retoque 15% w/v).

Preparación:

- Disolver 1 gr en 100ml de agua (40°-45°C). Remover intensamente al baño María a +-55°C durante varias horas hasta su completa disolución (2h en un agitador magnético). La solución resultante es incolora, suave y fluida. Por precio, se aconseja preparar cantidades muy pequeñas. Ej. 0,04g. Puede añadirse un 5 vol% isopropanol y guardar en la nevera⁵³⁶.
- Aplicar en frío si no está gelificado. Mayor penetración a 40-45°C.
- Consolidaciones: >1,5% pueden no disolverse completamente. Nebulizado al 0,1-0,15%. Últimas investigaciones: 0,5-1% recomendado⁵³⁷.
- Adhesiones: 2p 0,25% esturión + 1p 0,5% JunFunori®. Mayor poder adhesivo: 3-4% cola de esturión con JunFunori® (1% en agua con 2%, 5% por vol. de isopropanol), en ratio de 1:4 hasta 1:1).

Riesgos y medidas de protección: no inhalar polvo y evitar su generación. No hay información sobre su toxicidad ni peligro ecológico. Manipular con guantes y mascarilla.

Observaciones: tubos de 1, 2 y 3 g distribuidos por Lascaux® y fabricados por EMPA, Laboratory for Functional Polymers. Überlandstrasse 129, CH-8600, Dübendorf Switzerland. junfunori@empa.ch. Proteger de la humedad y de 5°C a 40°C. Guardar cerrado. Detectados problemas de calidad y variación propiedades, en su fabricación a partir de 2006, especialmente en 2008.

⁵³⁵ Cfr. COLOMBO, A., MINOTTI, D., MECKLENBURG, M., CREMONESI, P., ROSSI DORIA, M. "Studio delle proprietà meccaniche di consolidanti utilizzati per il restauro di beni policromi mobili". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 2008. Padova: Il Prato, 2009, p. 40.

⁵³⁶ Tras 70 días, el alcohol parece no afectar a la resistencia adhesiva. Mezclar máx. 2% en vol. de isopropanol (biocida y humectante). Las superficies pueden humectarse con 75v% isopropanol en agua desionizada.

⁵³⁷ MICHEL, F. "Funori and JunFunori...". *Op. Cit.*

5.3.1.2. Proteínas:

5.3.1.2.1. Cola de esturión⁵³⁸:

Origen y composición: polímero proteico natural extraído de la vejiga natatoria del esturión *russian beluga, sturgeon, acipenser huso, sevryuga (Acipenser stellatus)* y el osétr (*A. Güldenstädtii*) del Mar Caspio y Mar Negro (Fig. 137). Las restricciones de exportación en 1939 provocaron la utilización de otros peces. El mejor es el *Salianski*⁵³⁹.



Fig. 137. Vejiga y extracto seco.

Otros términos: *Isinglass, Sturgeon glue, Surgeon,s bladder, ictiocola.*

Propiedades físico-químicas:

- Alto peso molecular: 20.000 a 250.000 u.m.a. Polímero de larga cadena.
- Contiene alrededor de un 80% de colágeno.
- Soluble en agua.
- pH: 6.0-7.5.
- Alta capacidad adhesiva y cohesiva incluso en bajas concentraciones (grupos polares).
- Baja viscosidad incluso a 1%, similar a la cola de conejo a 55°C.
- Baja tensión superficial. Ideal para mezclarlo con el JunFunori®.

⁵³⁸Cfr. PETUKHOVA, T., BONADIES, S. *Op. cit.* PETUKHOVA, T. *Op. cit.* CAMEO. "Isinglass". CAMEO ©2007 MFA, Boston. [En línea]. <www.cameo.mfa.org>. [Consulta: 09/12/07]. Cfr. KREMER PIGMENTE. Búsqueda: "Salianski-Kremer isinglass glue". [En línea]. <www.kremer-pigmente-de>. [Consulta: 20/01/08]. HAUPT, M., DYER, D., HANLAN, J. *Op. cit.*, p. 15. NEWMAN, R. *Op. cit.*, p. 36. FOSKETT, S. *Op. cit.*, pp. 11-14. HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 143. ZEBALA, A. *Op. cit.*, GÓMEZ, M^a. L. *Op. cit.*, pp. 103. VV.AA. "Additives for the sturgeon glue. Technical Exchange". *WAAC Newsletter*, vol. 19, n^o. 2, mayo. Los Ángeles: WAAC, 1997. <<http://palimpsest.stanford.edu>>. [Consulta: 27/01/05]. KING, E., YODER, D. "What,s new about filling, nyet! (Technical Exchange)". [En línea]. *WAAC Newsletter*, vol. 21. Los Ángeles: WAAC, 1999. <<http://palimpsest.stanford.edu>>. [Consulta: 27/01/05].

⁵³⁹Proceso: lavado en agua caliente, eliminación membrana externa y cortado. Más oscuros y menos solubles: *Isinglass* norteamericano merluza o bacalao. *Penang, Brazilian isinglass, Bombay purse* o *India shred*. *Ibidem*.

- Buena capacidad de penetración, eficiente humectación y fluidez.
- Baja temperatura de gelificación. El gel funde por calor sobre los 6°C.
- Densidad: >1% > que la del agua (0,998g/cm³) a T^a ambiente.
- Envejecimiento: sensible a los UV, susceptible de hidrólisis, resistencia térmica. Resistencia química fotooxidación. Muy sensible a las oscilaciones termohigrométricas (quebradizo por debajo de 50% HR y plástico a 68%). Biodeterioro⁵⁴⁰.

Presentación: vejigas desecadas.

Aplicaciones:

- Agente clarificante vinos, cervezas, manufactura del papel y aglutinante pictórico en Rusia (iluminación manuscritos).
- Empleado históricamente por los restauradores rusos en intervenciones de consolidación (5%), adhesión, forrado y estucado.

Preparación:

- Fragmentar las vejigas y cubrir con agua desmineralizada (8h mínimo). Tirar el agua. Deshacer los fragmentos, cubrirlos con agua limpia y calentar al baño María sin exceder los 60°C. Remover hasta obtener un líquido amarillo claro transparente. Filtrar varias veces:
- Cola madre: almacenar en la nevera durante algunas semanas a 5-6°C. Añadir fungicida o congelar porciones. Diluir proporción deseada.
- Extracto en seco (permite preparar la cantidad justa, % exacto, alarga el almacenaje y la conservación): verter el líquido sobre un film de poliéster monosiliconado, secar al aire o en horno. Preparar la solución % e hidratar con agua caliente sin exceder los 60°C.
- Proporciones: consolidaciones (2-5% según pintura y espesor. Humectar zona con etanol-agua 1:1. Aplicar solución templada interponiendo japonés. Relajar con espátula caliente y dejar con peso). Protecciones (3%). Adhesión (5%-7%). Estucos (5% a 7-10% con sulfato o carbonato).

Riesgos y medidas de protección: no es tóxico.

Observaciones: distribuye Kremer Pigmente GmbH & Co.KG Hauptstraße 41-47 88317 Aichstetten, Germany.

⁵⁴⁰No usar con fluctuaciones ambientales. MECKLENBURG, M. *Op. cit.*, pp. 104-105.

5.3.1.2.2. Gelatina tipo B⁵⁴¹:

Origen y composición: animal. Polímero proteico natural albuminoide. Obtenida industrialmente por hidrólisis del colágeno de despojos animales (Fig. 138). Se compone de aminoácidos: 25% glicina, 18% prolina, 14,1% hidroxiprolina, 11,4% ácido glutamínico, 8,5% alanina, con pequeñas cantidades de arnina, leucina y ácido aspártico⁵⁴².



Fig. 138. Gelatina B en grano.

Otros términos: *gelatine, Gelfoam, Puragel.*

Propiedades físico-químicas:

- Peso molecular: 10.000 a 65.000 e incluso hasta 250.000 u.m.a⁵⁴³.
- *Bloom*: 50-300 Mesh⁵⁴⁴. Variable según producto.
- Viscosidad: varía dependiendo del tipo (B más viscoso que tipo A), *Bloom* (más alto, más viscoso), concentración, pH, presencia de sales y temperatura. Polvo obtenido de pieles de vaca 360-380 *Bloom* y 4,5-5,5 mPa.s y en placas de piel de cerdo 100+/-10 *Bloom* y 23+/-5 mPa.s). Gelifica debajo de 35-40°C. B menor resistencia que A.
- pH solución acuosa 1%: 3,8-7,6. La B no es alcalina y A no es ácida.
- Punto de fusión: 32°C.
- Densidad: 20/4. 1,27.
- Índice de refracción: 1.516-1.534.
- Tg: 210°C. Con 93% HR Tg: 20°C.

⁵⁴¹ Cfr. KREMER PIGMENTE. "Natural sources of glues". [En línea]. <www.kremer-pigmente-de>. [Consulta: 20/01/08]. Cfr. CAMEO. "Gelatine". CAMEO ©2007 MFA, Boston. [En línea]. <http://cameo.mfa.org>. [Consulta: 09/12/07]. Cfr. GRUPO GELITA. *The Gelatine Group*. <www.gelita.com>. [Consulta: 27/09/08]. VARGAS TAO, A. O. *Op. cit.* FOSKETT, S. *Op. cit.*, pp. 11-14.

⁵⁴² Materia prima: despojos de vaca, conejo y/o cerdo. Básicamente existen tres procesos de obtención controlando la hidrólisis del colágeno y las propiedades del producto (alcalino, ácido y por vapor a presión). En conservación restauración se prefiere el tipo B (básica), a través de un proceso alcalino: producción de oseína con recortes de piel de res, tratamiento durante 3 meses con hidróxido de calcio, neutralización ácida, lavado y desecado. *Ibidem*.

⁵⁴³ El colágeno tiene un peso molecular entre 345.000 y 360.000. *Ibidem*.

⁵⁴⁴ *Bloom*: carga en gramos requerida para producir una depresión en el gel en condiciones normalizadas (mide la resistencia del gel).

- Tensión superficial menor que el agua. Buena penetración.
- Altamente hidrófila. Absorbe hasta 10 veces su peso en agua. Soluble en agua caliente. Precipita con alcohol.
- Templada fluida, baja viscosidad y buen poder adhesivo.
- El contenido en agua de los films de gelatina varía con la HR. Con 25% de contenido de humedad es gomosa a temperatura ambiente.
- Envejecimiento: susceptible a la hidrólisis por UV, degradación térmica de 40°C hasta 80°C⁵⁴⁵, degradación biológica.

Presentación: granulado y láminas transparentes ligeramente amarillentas.

Aplicaciones: industria (producto alimentario fácilmente digerible, fabricación de emulsiones fotográficas, adhesivos y tintas). Restauración (adhesivo y consolidante de pintura). Óptimo para tratar *gouache*.

Preparación: solución al 2% (hidratar 2 g de gelatina con 98 ml de agua desmineralizada 12h, calentar sin exceder los 60°C a 65°C durante 30 minutos hasta obtener una solución amarilla clara).

Riesgos y medidas de protección: no tóxico. El polvo puede irritar los ojos.

Observaciones: Estable durante 6 meses en almacenaje. Mantener en un lugar cerrado, evitar contaminación bacteriana. Puede reaccionar con el agua. Biodegradable.

- Puede plastificarse con Aquazol®, pero recientes investigaciones (Aquazol® 50 y Klucel® GF) revelaron que se tornaba más resistente, dura y quebradiza. Preparación de mousse⁵⁴⁶. Encoge.
- Distribuye: VWR International (former Merck Eurolab). www.de.vwr.co. o Deutsche Gelatine-Fabriken Stoess AG PF 1253, 69402 Eberbach/Baden, Germany.

⁵⁴⁵ Sobre 60°C la viscosidad y resistencia pueden decrecer un 0,2-1%/h dependiendo de la calidad y la presencia de enzimas bacterianas. A 80°C la degradación es aproximadamente cuatro veces. A 40°C se produce una degradación térmica lenta, más rápida si existen bacterias. Con un ligero calentamiento pueden darse severos incrementos de estrés interno. Con aumentos de 10°C a HR cte. generaran 1Mpa. VARGAS TAO, A. O. *Op. cit.* HORIE, C.V. *Op. Cit.*, p. 143. HAUPT, M., DYER, D., HANLAN, J. *Op. cit.*, p. 15.

⁵⁴⁶ Cfr. FRIEDMAN, A. "Plasticizing Gelatin with Aquazol® -50 or Klucel® GF". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12]. CURTIS, A., UCHIDA, Y. "Which Gelatine to use? The choices for conservators. Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

5.3.2. Compuestos artificiales orgánicos:

5.3.2.1. Polímeros semisintéticos:

5.3.2.1.1. Metilcelulosa, MC⁵⁴⁷:

Origen y composición: carboximetilcelulosa sódica (sal soluble). Éter de celulosa modificado, descubierto en 1920. N^o CAS 9004-67-5.

Otros términos y marcas: MC, methylcellulose, cellulose methyl ether, cellulose methylate. Methocel®, Tylose® MB, Glutolin®, Cellothyl®, Culminal®, Glutofix 600® (Fig. 139).



Fig. 139. MC.

Propiedades físico-químicas:

- Grado de sustitución: DS de 1.5-1.9.
- Tg: 140°C.
- Flash point: 140°C.
- Viscosidad (Methocel A al 2% en solución acuosa): 100 cps.
- pH de la solución: 7.
- Índice de refracción del film: 1.479.
- Soluble en agua fría (hasta 50°C), etilenglicol, dimetilformamida y dimetil sulfóxido. Insoluble en agua caliente, etanol, acetona y etileter.
- Termoplástico.
- Capacidad adensante. Forma una solución coloidal altamente viscosa en agua fría, con geles transparentes e incoloros reversibles con calor.
- Soluciones con propiedades tensioactivas. Emulgente aniónico o coloide protector en la formulación de emulsiones viscosas.
- Forma *films* transparentes mates en un corto tiempo de secado.
- Buena flexibilidad y elasticidad de los *films*. Comportamiento mecánico *films* (2 mm): *Tensile strenght*: 10.000 psi; *ultimate elongation*: 50, *Flexibiliti Mit Double Folds* > 10.000.
- Mayor capacidad adhesiva que el Klucel® G.

⁵⁴⁷ BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 164-165. PATAKI, A. *Op. cit.* Curso IVC+R 2007. FELLER, R.L., WILT, M. *Op. cit.* Cfr. DOW CHEMICAL. "Chemistry of Methocel. Cellulose Ethers". [En línea]. Dow. Copyright©. The Dow Chemical Company (1995-2009). <www.dow.com>. [Consulta: 02/09/09].

- Los *films* no presentan pegajosidad incluso con elevada humedad.
- Películas inertes. Sensible a los ácidos y bases, mantener un pH entre 5-9. Buena estabilidad con insignificante decoloración y pérdida de peso. En general los éteres de celulosa son sensibles a los UV, temperatura y humedad. Buena resistencia al ataque biológico de las soluciones.

Presentación: polvo blanco sedoso.

Aplicaciones: industria (aglutinante de pasteles y acuarelas. Lubricante, emulsionante, aditivo en cosméticos e industria alimentaria, apresto para el papel, sustituto sintético de las gomas naturales). Restauración (adhesivo y consolidante en textiles, documento gráfico y pintura. Geles limpieza).

Preparación:

- Calentar 1/3 parte del agua a 90°C y verter la MC con una varilla de vidrio. El polvo necesita ser disuelto completamente.
- Enfriar la otra parte del agua (cubitos de hielo) y añadirla a la solución hasta formar una solución viscosa y ligeramente espumosa. Usar un agitador magnético.
- Alternativamente el polvo puede ser dispersado en una pequeña cantidad de disolvente orgánico miscible en agua, como acetona o etanol y añadido al agua agitada. La adición de sílice micronizado minimiza la penetración y la adición de glicerina le da más flexibilidad.
- La MC de 4000 funciona mejor para hinchar colas y la de 400 para consolidar.
- Consolidación *gouache* mediante nebulizador por ultrasonidos: preparar una solución al 0,25-0,4% Methocel® A4C. Proporción de 12-15 g/l, para encolar o tratar piel de cubiertas en libros.

Riesgos y medidas de protección: el polvo puede causar irritación en ojos y pulmones. Polvo inflamable. Emplear guantes, mascarilla y gafas de protección. En caso de contacto con la piel, lavar a fondo con agua y jabón. Con agua, en caso de contacto ocular.

Observaciones:

- MC dura unas cuatro semanas preparada. Un tanto más en la nevera.
- Producto aconsejado por el Centro di Fotoriproduzione, Legatoria e Restauro degli Archivi di Stato di Roma.

5.3.2.1.2. Tylose MH 300P[®]⁵⁴⁸:

Origen y composición: éter de celulosa modificado. Metilhidroxietilcelulosa. Fórmula: $(C_7H_{14}O_5)_n$.

Otros términos y marcas: MHEC, *Methylcellulose*, Tylose[®]MH (Fig. 140).

Propiedades físico-químicas:

- Granulometría: <0,180 mm (90%) y >0,100 (25%).
- Temperatura de encendido 360°C.
- Densidad (20°C): ca. 1,28-1,30 g/cm³.
- Soluble en agua muy fría.
- No iónico.
- pH: neutro en solución en agua al 10% (20°C).
- Viscosidad: 300 mPa.s (20°C)⁵⁴⁹.
- Termoplástico.
- La solución acuosa es transparente y estable.
- Capacidad adensante.
- Inestabilidad superando los 60°C.
- Floculación por aumento de sales reversible mediante adición de agua.
- *Films* no pegajosos incluso con elevadas temperaturas.
- *Films* flexibles y elásticos.



Fig. 140. Tylose MH 300P.

⁵⁴⁸ BORGIOLI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 164-165. PATAKI, A. *Op. cit.* Curso IVC+R 2007. FELLER, R.L., WILT, M. *Op. cit.* Cfr. DOW CHEMICAL. "Chemistry of Methocel. Cellulose Ethers". [En línea]. Dow. Copyright©. The Dow Chemical Company (1995-2009). <www.dow.com>. [Consulta: 02/09/09]. CTS. Tylose MH300P". Ficha de seguridad DIR. 2001/58/CE. 10/11/06. C.T.S. S.r.l. Italia.

⁵⁴⁹ El número seguido de la MH 300, indica la viscosidad en mPas.s de una solución acuosa del 2%. Tylose MH300 al 2% en solución acuosa: 150-400 m.Pa.s (análoga a la viscosidad del Klucel[®]G).

- Formación de *films* transparentes con relativa opacidad (ausencia de brillo).
- Sensibilidad a los ácidos y bases (mantener un rango entre 5-9).
- Envejecimiento: excepcional estabilidad y reversibilidad en el tiempo. En general los éteres de celulosa son sensibles a los UV, temperatura y humedad.

Presentación: polvo ligeramente amarillento. Sacos de 25 y 1000 kg.

Aplicaciones:

- Aglutinante de pasteles y acuarelas. Lubricante, emulsionante, aditivo en cosméticos e industria alimentaria, apresto para el papel, etc. Empleado como sustituto sintético de las gomas naturales.
- En conservación restauración: adhesivo y consolidante en textiles, documento gráfico y pintura.

Preparación:

- Calentar la mitad del agua necesaria a 90°C y añadir la MHEC con una varilla de vidrio, obteniendo una dispersión lechosa.
- Enfriar la otra mitad de agua (cubitos) y añadir. Usar agitador magnético.
- Alternativamente el polvo puede ser dispersado en una pequeña cantidad de disolvente orgánico miscible en agua, como acetona o etanol y añadido al agua agitada.
- Consolidación mediante nebulizador por ultrasonidos: 0,25-0,4%.
- Para aumentar el poder adhesivo añadir pequeñas cantidades de Vinavil® 59.

Riesgos y medidas de protección: no tóxico. El polvo puede causar explosiones. No irritante. Emplear guantes, mascarilla y gafas de protección. En caso de contacto con la piel, lavar a fondo con agua y jabón. Con agua, en caso de contacto ocular.

Observaciones: producto aconsejado por el Centro di Fotoriproduzione, Legatoria e Restauro degli Archivi di Stato di Roma junto con el Kluwel® G. Puede ser almacenado durante largo tiempo en ambiente seco y cerrado. Encoge. Alto poder cohesivo y rigidez.

5.3.2.1.3. Klucel® G⁵⁵⁰:

Origen y composición: éter de celulosa modificado. Hidroxipropilcelulosa (HPC). N° CAS: 9004-64-2HPC (Fig. 141).

Propiedades físico-químicas:

- Peso molecular cercano a 370.000 u.m.a.
- DS del HPC: 2.1 (sustitución molecular 4.5). Sustitución molar en la unidad de monómero: c.4.
- Densidad: 0,5 g/cm³.
- Viscosidad (al 2% en solución acuosa): 150-400 m.Pa.s (análoga a la viscosidad del Tylose MH300). Klucel®G (viscosidad media): 15 cps. Klucel® G al 2% en etanol 45-400 mPas a 20°C (MW300000). Al 4% proporciona una buena viscosidad (4000mPas).
- Temperatura de ablandamiento: 100-150°C. Klucel® G: 130°C.
- Tg: 130°C.
- Flash Point: 86°C.
- Índice de refracción: 1.56.
- Soluble en agua por debajo de 38°C, alcohol, acetona, alcohol isopropílico, en mezclas de acetona-agua y otros disolventes polares orgánicos. Insoluble en agua por encima de 45°C, en tolueno, xileno y tricloretoano⁵⁵¹.
- pH en solución del 1% = 5.0-8.5. Klucel® G: 8.2.
- Tensión superficial dynes/cm en solución acuosa: 43,6. Ligero poder tensioactivo que favorece la mojabilidad de las soluciones adensadas, disminuyendo la capacidad de penetración y difusión capilar.
- Termoplástico no iónico. Se adhiere con calor.



Fig. 141. Klucel G.

⁵⁵⁰ CAMEO. "Klucel G e Hydroxypropil cellulose". CAMEO ©2008 MFA, Boston. [En línea]. <<http://cameo.mfa.org>>. [Consulta: 10/10/08]. AQUALON. Klucel Website. [En línea]. Aqualon, Hercules 2008. <www.herc.com>. [Consulta: 10/10/08]. FELLER, R.L., WILT, M. *Op. cit.*, p. 94. BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 163-165. HORIE, C.V. *Op. cit.*, pp. 124-128. CTS. Klucel G". Ficha de seguridad. (1907/2006/CE). 17/12/07. C.T.S. S.r.l. Italia. Cfr. SIRVEN, M., et Al. "Une étude de cas sur l'utilisation de l,hydroxypropyl cellulose ou Klucel G". *Proceedings Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

⁵⁵¹ Mayor grado de sustitución, menor adhesión, mayor solubilidad disolventes polares.

- Inerte. Proporciona geles neutros.
- n_D del film a 20°C: 1.56.
- Escaso poder adhesivo.
- Comportamiento mecánico *films* (2 mm): *Tensile strenght*: 2.000 psi; *ultimate elongation*: 10, *Flexibiliti Mit Double Folds*: >10.000. Forma *films* flexibles sin plastificantes.
- *Film* no pegajoso ni en presencia de humedad alta.
- Escasa higroscopicidad en seco. A 23°C y 84% HR el contenido de agua de equilibrio = al 12%, un valor muy similar a la de la madera.
- Alrededor de 40°C las soluciones acuosas gelificadas con HPC se enturbian, siendo un fenómeno reversible por enfriamiento.
- Envejecimiento: buena estabilidad fotoquímica. Pobre estabilidad termal (hasta 40°C) y frente a la fotooxidación. Decolora. No emplearse en usos a largo término, aún siendo más estable que los de alto peso molecular Klucel® M. Sensible a los ácidos y bases (mantener pH entre 5-9). Soluciones acuosas no resistentes al ataque biológico. Resistente a la humedad. Mínima alteración cromática.

Presentación: polvo color crema claro.

Aplicaciones: industria (emulsionante, estabilizante, espesante, aditivo en alimentos, cosméticos, pinturas, decapantes, vidriados, apresto para piel y consolidante para madera). Restauración (consolidante de pasteles, carboncillos y temple, formación de geles de limpieza).

Preparación: añadir HPC lentamente al disolvente (ej. 2%). Usar agitador magnético. El agua puede calentarse por debajo de 55°C para acelerar la formación del gel. Consolidación pinturas mates solubles en agua: isopropanol o 3 partes isopropanol y 1 parte de xileno. Después añadir agua fría sin dejar de agitar.

Riesgos y medidas de protección: no se conocen efectos permanentes sobre el hombre. Peligro explosión polvo dispersado en el aire. Usar medios de protección, en áreas ventiladas y secas. Mantener fuera del alcance del calor, chispas y fuentes de ignición. Llevar a zonas ventiladas. Lavar zonas afectadas con agua. Lentamente biodegradable. No peligro medioambiental.

Observaciones: Baja estabilidad fotooxidación (despolimerización)⁵⁵².

⁵⁵² Cfr. COLOMBO, A., MINOTTI, D., MECKLENBURG, M., CREMONESI, P., ROSSI DORIA, M. *Op. cit.*, p. 40.

5.3.2.2. Sintéticos:

5.3.2.2.1. Mowilith SDM5® (ex DM5)⁵⁵³:

Origen y composición: copolímero vinílico. Dispersión acuosa a base de vinilacetato (65%) y un éster del ácido acrílico (35%) sin plastificantes, fabricada por Hoechst, en la actualidad por Clariant Ibérica, S.A.⁵⁵⁴ (Fig. 142).

Otros términos: ex DM5.

Propiedades físico-químicas:

- Líquido.
- Ø de partícula: 53 µ (según Clariant 0,2 µm).
- pH: 4,5 +-0,5.
- Tg: 2-11°C (2°C para Clariant).
- Viscosidad mPas: 3500+-1500.
- Densidad: aprox. 1,15 g/cm³.
- Contenido en sólidos: %53+-1.
- Punto de ebullición: 100°C aprox.
- Presión de vapor: aprox. 24hPa (20°C).
- Soluble en agua.
- T^a formación película: 3° C aprox.
- Alargamiento hasta la rotura: aprox. 820 %.
- Formación de películas transparentes no pegajosas.
- Las pinturas formadas son resistentes al frotado húmedo y al lavado.

Presentación: emulsión blanca ligeramente viscosa.



Fig. 142. Mowilith SDM5.

⁵⁵³ BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 96-97. CLARIANT. "Mowilith SDM5". Ficha técnica. Febrero 2002. Clariant. División TLP-BU Emulsiones. Barcelona.

⁵⁵⁴ El Mowilith DMC2® es el copolímero de Vinilacetato y di-butil-maleato más estable (superado por los EVA). El Ø de partícula es 55µ, pH 4-5, Tg: 10-13 y viscosidad mPas 5000-12000. *Ibidem*.

Aplicaciones:

- Fabricación de pinturas para exterior e interior (satinadas, de tonos llenos), imprimaciones, etc.
- Empleado como adhesivo en intervenciones de fijación de capas pictóricas.

Preparación: aplicar directamente o diluir en agua según la proporción necesaria.

Riesgos y medidas de protección:

- No se trata de ningún producto peligroso según la CE. No se conocen reacciones peligrosas.
- Evitar contacto con los ojos y la piel.
- En caso de contacto con la piel lavar la zona afectada con agua y jabón. Si el contacto se produce en los ojos, lavar a fondo con agua abundante.
- Manipular con guantes, ropa adecuada y gafas protectoras.
- No verter residuos al desagüe.

Observaciones:

- No debe almacenarse más de 6 meses antes de su transformación.
- Almacenar entre 5 y 25°C, protegiéndose de las heladas.

5.3.2.2.2. Gelvatol®⁵⁵⁵:

Origen y composición: alcohol Polivinílico con Metanol (>3%). Derivado de la hidrólisis del PVA. Inventado en Alemania en 1924. Fabricado por Monsanto y distribuido por CTS (Fig. 143).

Otros términos y otras marcas: n^o CAS (PVAI) 9002-89-5. Gelvatol® CAS 000067-56-1. PVOH, PVAL, poly(vinyl alcohol); polyvinylalcohol; Elvanol®, Lemol®, Gelvatol® Gohsenol®, Mowiol®, Polyviol®.

Propiedades físico-químicas:

- Termoplástico.
- Densidad (PVAI): 1.27-1.31. Gelvatol®: ca. 1,3g/cm³ a hPa 20°C.
- Viscosidad Höppler (disolución acuosa 4% a 20°C mPa/s): variable según el tipo. 28/10: 28+/-2.
- Flash point: 79 °C (174 F).
- T^a Ignición: ca. 580°C.
- Se disuelve a 90°C.
- Descomposición térmica: >180°C.
- Tg: >80°C.
- pH: 4,5-7 a °C 40g/1 H₂O.
- Índice de refracción (PVAI): 1.49-1.53.
- Temperatura de activación 50-65°C. Combustible.
- Soluble en agua ilimitadamente y dimetilformamida. Insoluble en hidrocarburos, metanol, acetona y dietil éter.
- Incoloro.



Fig. 143. Gelvatol.

⁵⁵⁵ BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 86-89, 94. CTS. "Alcohol Polivinílico Gelvatol". Ficha de seguridad. (DIR 2001/58/CE). 19/10/06. C.T.S. S.r.l. Italia. CTS. "Alcohol Polivinílico Gelvatol". Octubre 2002, C.T.S. S.r.l. Italia. HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 99. BORGIOI, L., ELIAS, M., SINDACO, C. *Op. cit.*, p. 90. PERIS VICENTE, J. *Op. cit.*, p. 67. MECKLENBURG, M.F. *Op. cit.*, p. 126. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 323. SCICOLONE, G. *Op. cit.*, p. 212. BICCHIERI, M. "Alcohol Polivinílico e restauro: il perché di una scelta e le metodologie d'uso". *CAB Newsletter*. N°3. 11-12. Roma: ICPAL, 1992, pp. 5-8.

- Forma películas transparentes y flexibles con bajo impacto cromático al ser aplicadas. Resistente a los aceites, grasas, solventes y ataque fúngico. Impermeable a muchos gases. Se descompone en presencia de ácidos, álcalis y temperatura. Se vuelve verde al exponerse al yodo.
- Envejecimiento: reticulación e interacción con compuestos metálicos di y trivalentes (Ca^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}), disminuyendo su solubilidad y reversibilidad. Riesgo de acidez durante la alcoholólisis y/o al iniciarse la degradación. Exposición a la luz: progresiva pérdida de resistencia mecánica por rotura de cadenas. Amarilleo y reticulación por calentamiento a 100°C. Estable a la fotooxidación a nivel químico⁵⁵⁶.
- El Mowiol® (PVAI) tiene una excesiva respuesta dimensional a la HR por lo que no debería considerarse como un adhesivo.

Presentación: sólido granulado, incoloro e inodoro.

Aplicaciones: industria: fabricación de adhesivos para materiales porosos (corcho, piel y papel), adhesivo de contacto reactivable con calor o humedad, coadyuvante para mejorar la adherencia o estabilidad. Espesante: papel, textiles, tintas de impresión y de fibras de Vinal.

Restauración: protectivo, medio de reintegración y agente para eliminación de huellas, consolidación de temples mates, pinturas finas o sensibles al agua (solución hidroalcohólica).

Preparación: pesar la resina, añadir 1-2 partes de agua por 1 parte de Gelvatol® (puede añadirse el agua restante y calentar). Usar agitador magnético. Enfriar lentamente. La concentración máxima de trabajo es del 10%⁵⁵⁷. Papel: 4%-7% adhesión, 5-7% protección, 7-8% sutura.

Riesgos y medidas de protección: ninguna reacción peligrosa conocida. Degradable. R:11-23/25. Lavar piel con agua y jabón, ojos con abundante agua. Evitar la formación de polvo. Manipular con guantes, gafas protectoras y mascarilla adecuada.

Observaciones: empleado en restauración desde 1950. Las soluciones acuosas pueden contener fungicidas para prevenir el crecimiento de moho.

⁵⁵⁶ Cfr. COLOMBO, A., MINOTTI, D., MECKLENBURG, M., CREMONESI, P., ROSSI DORIA, M. *Op. cit.*, p. 40.

⁵⁵⁷ Porcentajes mayores dan viscosidades excesivas y producen manchas.

5.3.2.2.3. Beva O.F. 371^{®558}:

Origen y composición: polímero sintético (EVA, resina cetónica y parafina). Fórmula original de Gustav Berger producida en 1970 por *Lascaux*, actualmente por CTS. Contenido seco 40%. *Elvax 150[®]* (*DuPont*) copolímero EVA; *A-C 400[®]* (*Allied*) copolímero EVA, *Laropal K80[®]* (*BASF*) resina cetónica, *Cellolyn 21[®]* (*Hercules*) éster ftálico del alcohol hidroabiético; parafina e hidrocarburos alifáticos y aromáticos 60%: tolueno, octano e isómeros, nafta-petróleo y petróleo tosco (Fig. 144).



Fig. 144. Beva 371.

Otros términos y marcas: equivale al Heat-Seal Adhesive 375[®] *Lascaux*.

Propiedades físico-químicas:

- 40% contenido seco.
- Temperatura de activación-fusión 65°C (reblandecimiento parcial a 50°C y total a 68°C).
- pH: n.d.
- Tg: 18°C.
- Punto/intervalo ebullición: 120-150°C.
- Densidad relativa: 0,92 g/cm³.
- Inflamable. Soluble en solventes alifáticos y aromáticos: bencinas, esencia de trementina, White Spirit[®], xileno y tolueno. La acetona la hincha pero no la disuelve. Insoluble en alcoholes, agua y Cellosolve.
- Color blanco lechoso en frío y transparente e incoloro tras el sellado.
- Buen poder adhesivo. Uniones firmes con mínima presión a corto plazo. Dureza elástica. No causa expansiones, contracciones o debilitamientos.
- Buena reversibilidad.
- Buen envejecimiento, aunque parece ser que los componentes se separan. Importante amarilleo tras envejecimiento fotooxidativo⁵⁵⁹.

⁵⁵⁸ BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 98. CTS. "Productos línea Gustav Berger,s Original Formula". 17/12/08. C.T.S. S.r.l. Italia. CTS. Gustav Berger,s O.F. 371". Ficha de seguridad. (1907/2006/CE). 17/12/07. C.T.S. S.r.l. Italia. NICOLAUS, K. *Op. cit.*, p. 143. CALVO MANUEL, A. *Op. cit.*, p. 39. BERGER, G. "Application of Heat-Activated Adhesives for the Consolidation of Paintings". *Bulletin of AIC*. Vol. 11, Nº 2, April. Washington: AIC, 1971, pp. 124-128.

Presentación: gel opalescente parecido a la silicona transparente.

Aplicaciones: sustitutivo sintético de la cera-resina. Reentelados con tejidos no tejidos de poliamida o poliéster, lino natural o sintético, Te-TeX® y fibras de vidrio, protecciones, consolidación y adhesión, unión de desgarros, laminados con fibra de vidrio.

Preparación:

- Proporción: 2:1 o 1:1 (pasta cremosa). Adhesiones: 8-9% o 1:3-1:4. Para obtener altas concentraciones diluir con tolueno (reduce la viscosidad). Calentar al baño María diluyéndolo con W. S. Aplicar en frío (en capas muy finas a pincel, brocha o por pulverización) y activar con calor a 65°C (mesa caliente). Mantener la presión hasta no alcanzar los 35-40°C⁵⁶⁰.
- Para trabajar con temperaturas más bajas, disolver con disolventes y trabajar a unos 60°C (se forma un adhesivo pegajoso). Permite la corrección de errores tras su aplicación.

Riesgos y medidas de protección: nocivo por inhalación, ingestión e irritante para la piel. Altamente tóxico para organismos acuáticos, puede provocar efectos negativos a largo plazo en dichos ambientes. En caso de inhalación llevar a zona ventilada paciente. Contacto con piel y ojos: lavar con agua o solución fisiológica. Manipular con guantes y mascarilla vapores. R11, R38, R45, R48/20, R50/53, R63, R65, R67.

Observaciones: uso parejo al de la mesa caliente. Mejor adhesivo que consolidante. Óptimo para tratamientos complejos, si se emplea correctamente⁵⁶¹. Se está estudiando la sustitución del componente Laropal K80®, el cual ha dejado de fabricarse. Fabricación de barritas Hot-Melt⁵⁶².

⁵⁵⁹ Cfr. COLOMBO, A., MINOTTI, D., MECKLENBURG, M., CREMONESI, P., ROSSI DORIA, M. *Op. cit.*, p. 40.

⁵⁶⁰ Activada por calor tras la evaporación de los solventes. Incluso tras días o semanas de aplicación.

⁵⁶¹ BERGER, G. "More unconventional treatments for unconventional art". *Studies in Conservation*. Nº 35, febrero. London: IIC, 1990, pp. 1-14. BERGER, G. *Op. cit.*, pp. 124-128.

⁵⁶² Cfr. MCGLINCHEY, C., *et Al.* "Lining and Consolidating Adhesives: Some of New Developments and Areas of Future Research". *Proceedings Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12]. Cfr. DOMÉNECH-CARBÓ, SILVA, FUSTER-LÓPEZ, MECKLENBURG, DOMÉNECH, YUSÁ-MARCO. "An Approach to the Physico-Mechanical Changes Induced by UV Artificial Aging of Selected Vynil Adhesives Used in Conservation". Póster. *Adhesives and*

5.3.2.2.4. Paraloid B-72[®]⁵⁶³:

Origen y composición: polímero sintético. Resina acrílica sólida. Copolímero de Metacrilato y Etilmetacrilato 30: 70. MA/EMA. *Röhm & Haas*, USA (Fig. 145).

Otros términos: Acryloid[®] B-72 (EE.UU).

Propiedades físico-químicas:

- Peso molecular alrededor de 70.000 u.m.a.
- Tg: 40- 41,32°C. Tg 43,99°C tras el envejecimiento.
- Índice de refracción: 1.479-1.489.
- Dureza Tukon (a 82°C): 10-11.
- Termoplástico.
- Transparente.
- Viscosidad: no aplicable.
- Peso específico (H₂O=1): 0,66 g/cm³.
- Soluble en cetonas, alcohol etílico, ésteres, alcohol-éteres, hidrocarburos clorados y aromáticos (tolueno y xileno). Insoluble en hidrocarburos alifáticos, agua, aceites y grasa. Poco soluble en isopropanol.
- Buen poder cohesivo.
- Excesiva rigidez de los *films* formados.
- Compatible con resinas vinílicas, celulósicas y de silicona.
- Buena reversibilidad, superior a la de muchas resinas acrílicas, incluso mayor que los vinílicos⁵⁶⁴.



Fig. 145. Paraloid B72.

Consolidants Symposium 2011, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12]. BAINBRIDGE. "Making BEVA[®] 371 Hot-Melt Glue Sticks". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

⁵⁶³ BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 123-124. CAMEO. "Acryloid". CAMEO ©2008 Museum of Fine Arts, Boston. [En línea]. <<http://cameo.mfa.org>>. [Consulta: 10/10/08]. CTS. "ParaloidTM B-72". Ficha de seguridad. (1907/2006/CE). 05/08/98. C.T.S. S.r.l. Italia. COLOMBO, A. "La Calorimetria a Scansione Differenziale (DSC)". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti del congresso CESMAR 7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, p. 126.

- Según el fabricante produce un acabado estable, no amarillea y resiste el desgaste. Proporciona un mejor resultado que los monómeros simples EMA y MA por separado.
- Problemas de envejecimiento en ambientes húmedos y sujetos a variaciones termohigrométricas. Craquelado en dorados. Reactividad con el blanco de titanio (amarilleo).

Presentación: gránulos en sólido transparentes o 50% disolución en tolueno. Olor de acrilato.

Aplicaciones: fabricación de recubrimientos. Múltiples aplicaciones en restauración: consolidante, adhesivo y protectorio. Buen resultado en adhesión de cerámica arqueológica⁵⁶⁵.

Preparación: preparar disolución y emplear un agitador magnético.

Riesgos y medidas de protección: los disolventes empleados pueden producir daños. Al calentar, los vapores irritan las mucosas y la piel. Trabajar en zonas ventiladas. Llevar al aire libre tras inhalación. Lavar con agua tras contacto con la piel y ojos. Manipular con guantes y mascarilla.

Observaciones: una de las resinas más estudiadas en restauración. Aplicación masiva como fijativo de emergencia tras inundaciones del 66 en Florencia. Composición diferente a la fabricada hasta 1976. Recientes investigaciones: baja penetración como consolidante de madera (acetona), que mejora con aplicación combinada de xileno y White Spirit D40® (oscurece). Se investiga también los efectos de su aplicación, ya que en las muestras testadas en lugar de mejorar sus propiedades mecánicas, se volvían más débiles⁵⁶⁶.

⁵⁶⁴ Resinas de 1966 eran reversibles únicamente en algunos solventes como xileno o tolueno provocando la disolución del estrato pictórico.

⁵⁶⁵ POHORILJAKOVA, I., MOY, S. "Adhesive Testing at Kaman-Kalehöyük". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12]. RUSSELL, R., STRILISKY, B., TYRRELL, R. "Testing the Tensile Strength of Paraloid B-72 to Determine its Potential Applications as a Palaeontological Adhesive". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

⁵⁶⁶ ROONTHIVA, V., PARET I PEY, J. "Physico-mechanical tests to evaluate Paraloid B72® and Regalrez 1126® for the consolidation of wood in polychromed sculptures". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12]. SAWICKIM M., THOMAS, R.

5.3.2.2.5. Plexisol P550⁵⁶⁷:

Origen y composición: resina acrílica en solución. Homopolímero amorfo, *n*-Butil-metacrilato, *n*-BMA. *Degussa*, Alemania. Diluido al 40-70% en una mezcla de Bencina rectificada 100/140°. Contenido seco 39-41% (Fig. 146).

Otros términos y marcas: Plexisol® P550 antigua denominación de la Röhm, actualmente comercializado Degalan® P550 por *Degussa*.



Fig. 146. Plexisol P550.

Propiedades físico-químicas:

- Peso molecular: 116.000 u.m.a.
- Tg: 25°C (producto fresco a 33,65°C). Tras envejecimiento: 42 a 98°C.
- Viscosidad: 2800-5400 mPas.
- Densidad: 0,84 g/cm³.
- Temperatura de reblandecimiento: 54°C (49-54°C).
- Dureza *Pendel secondo Köning*: ca. 75 sec.
- Módulo de elasticidad tangencial G_{20°C}: ca. 5.10⁹ dine/cm².
- Soluble en esteres, cetonas, glicoléteres, hidrocarburos aromáticos, alifáticos y clorados. Disolución limitada con alcohol.
- Fácilmente inflamable.
- Secado por evaporación del disolvente.
- Más elástico que la Beva® 371. Comparable con el Akeogard® AT35 para forraciones de grandes telas sujetas a movimiento.

"Tendency in aging behaviour of gilded surfaces formed with synthetic polymers". *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

⁵⁶⁷ BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 123, 125-126. CTS. "Plexisol P550". Ficha de seguridad. Dir. 2001/58/CE. 31/08/06. C.T.S. S.r.l. Italia. CTS. "Plexisol P550". *Letteratura Tecnica*. Enero 1971. C.T.S. S.r.l. Italia. COLOMBO, A. *Op. cit.*, pp. 124-125. BORGIOLO, L. "Analisi degli strumenti di ricerca e di diagnosi scientifica. Pesi Molecolari e GPC". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti del congresso CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, pp. 134-135. BUZZEGOLI, E., LANDI, L., MINOTTI, D. *Op. cit.*, p. 84.

- Fuerza adhesiva menor que la Beva® 371 y Akeogard® AT35.
- Envejecimiento: sufre una profunda modificación de su estructura (desciende el peso molecular a 16.800 por fragmentación del polímero). Reticulación y escisión de cadenas. Aumento de la Tg. Parcialmente soluble en cloroformo con una fracción preponderante de material insoluble.

Presentación: líquido transparente ligeramente viscoso. Olor a benzina.

Aplicaciones:

- Fabricación de barnices industriales, barnices protectivos resistentes a la intemperie, a la luz y a los agentes químicos.
- Empleado en consolidación de estratos pictóricos con mesa succión.

Preparación:

- Diluir teniendo en cuenta que suele llevar de un 40-60% de solvente. Emplear un agitador magnético.
- Consolidación de pinturas mates solubles en agua (si no funciona el Funori). Diluir la solución (40%) al 2-3%, 5% y 10% y comenzar a aplicar la más diluida. Sellar al día siguiente con aplicación de temperatura 55°C. Los residuos pueden eliminarse con una mezcla de ligroina 100/140 o acetona.

Riesgos y medidas de protección:

- Inflamable. Tóxico para los organismos acuáticos. Produce irritación cutánea y ocular. Efecto narcótico, vértigos, aturdimiento, en caso de respiración prolongada de los vapores de los disolventes empleados.
- En caso de inhalación conducir al afectado a un lugar ventilado. Lavar con agua zonas afectadas. Manipular con guantes y mascarilla. R11-51/53-65.

Observaciones:

- La capacidad de penetración (menor que la de cola animal) disminuye aumentando la concentración.
- La resina acrílica más utilizada en Italia para la consolidación de pinturas.
- Mejor adhesivo que consolidante (no tiene suficiente fuerza cohesiva).

5.3.2.2.6. ACRIL 33^{®568}:

Origen y composición: dispersión acuosa de ésteres del ácido acrílico. Copolímero acrílico de EA/MMA, CTS Italia. Emulsión acrílica 100% (Fig. 147).

Otros términos:

Propiedades físico-químicas:

- Contenido seco: 45-47%.
- pH de la dispersión: 9-10.
- Pto. Ebullición: 100°C.
- MFT (°C): 6.
- Tg: 6-8 °C.
- Temperatura mínima de película (mft): 6°C.
- Viscosidad (mPas): 2500-5000. 3.750 mPas.
- Densidad: 1kg/1l aprox.
- Diámetro partículas: 0,15 µm.
- Carácter no iónico del tensioactivo.
- Miscible en agua.
- Óptima resistencia a las bases, sales solubles y pH.
- Estabilidad al hielo-deshielo (en líquido puede coagular a menos de 10°C).
- Estabilidad mecánica.
- Gran compatibilidad con pigmentos y cargas.
- Forma *films* transparentes.
- Óptimo poder ligante.
- Envejecimiento: elevada resistencia de los *films* al amarilleo y UV.

Presentación: líquido lechoso blanco espeso con irisaciones y olor amoniacal. Disponible en 1-5-20-120 kg.



Fig. 147. Acril 33.

⁵⁶⁸ BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 127, 128. CTS. "Acril 33". Ficha técnica y de seguridad (DIR 2001/58/CE). 16/12/08. C.T.S. S.r.l. Italia.

Aplicaciones:

- Aplicado en intervenciones de adhesión y consolidación. Debido al tamaño de sus partículas funciona mejor como adhesivo.
- Indicado para combinar con ligantes hidráulicos (cal hidratada y/o hidráulica, cemento y yeso). Aditivo para morteros de inyección y estucado.
- Aglutinante para reintegración.

Preparación: aplicar tal cual o diluir teniendo en cuenta el contenido de resina en seco. Puede espesarse con xileno.

Riesgos y medidas de protección:

- Ningún peligro específico verificado con su uso normal.
- Lavar con agua en caso de contacto ocular y con la piel. Llevar al aire libre en caso de inhalación.
- Usar guantes de protección y gafas protectoras. Emplear prendas protectoras ligeras.

Observaciones:

- Dispersión propuesta para sustituir al *Prima® AC-33* retirado en 2000.
- Duración prácticamente ilimitada. Conservar en botes originales herméticamente cerrados a temperatura aproximada de 20°C.

5.3.2.2.7. PLEXTOL B500⁵⁶⁹:

Origen y composición: resina acrílica en emulsión. Dispersión acuosa a base de EA/MMA concentración aproximada del 50%. 60% Etilacrilato y 40% metilmetacrilato. <5% contenido en amoniaco. Fabricado por Degussa, Alemania. Marca inicial de la *Röhm* (Fig. 148).

Otros términos: actualmente fabricado como *Degalan B500*, por *Röhm*. N^oCAS 1336-21-6. N^oCE 215-647-6.

Propiedades físico-químicas:

- Peso molecular 100.000 u.m.a.
- Tamaño de partícula diámetro: 0,1-0,2 (algunos hasta 1) micras.
- Contenido seco: 49-51%.
- Densidad: 1.08 g/cm³.
- pH de la dispersión: 9-10.
- Punto/intervalo de fusión: 0°C.
- Punto/intervalo ebullición: 100°C (1013 hPA)
- MFT (°C): 7.
- Tg: 9°C.
- Temperatura reblandecimiento: 90°C.
- Viscosidad (mPas 20°C): 1100-4500.
- Tamaño partículas: 0,1-0,2μ.
- No iónico.
- *Shelf life*: 12 meses.
- Tiempo de curado: 2 horas. Tiempo de trabajo: <15 minutos.
- Termoplástico.

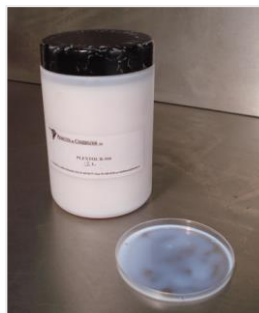


Fig. 148. Plectol B500.

⁵⁶⁹ BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 127-129. CTS. "@Plectol B500". Ficha técnica. Enero 1971 y de seguridad (DIR 2001/58/CE). C.T.S. S.r.l. Italia.

- Resistencia a la tracción (N/mm²): 3.
- Alargamiento % a la rotura (DIN 53371): 500. 75 kp/cm².
- Módulo elasticidad tangencial G 20°C: ca. 1,3.10³ dine/cm².
- Baja fuerza adhesiva.
- Ligante no saponificable.
- Envejecimiento: mejor que el *Plexisol*®, *Mowilith*®, *Mowital*® y *Bedacryl*®. Amarillea más con el envejecimiento que otros acrílicos. Mantiene buenas propiedades mecánicas.

Presentación: dispersión acuosa blanca a media viscosidad.

Aplicaciones:

- Dispersante, espesante, aditivo para la fabricación de tintas, pinturas, adhesivos, textiles y objetos de papel. Empleado como *heat set adhesive* en la industria del papel.
- Empleado por Mehra en la preparación de *cold lining* y *nap bond* desde 1970.

Preparación:

- Aplicar tal cual o diluir teniendo en cuenta el contenido de resina en seco.
- Puede mezclarse con el *Plextol*® 360 y espesarse con *Klucel*® G, así como adensarse con 15% tolueno o xileno (adhiere obras tratadas con ceras).
- Puede reactivarse con tolueno, isopropanol o butilacetato.
- Emplear mesa de succión en frío.

Riesgos y medidas de protección:

- No se conocen riesgos particulares. Frases riesgo R34,50. Manipular con guantes y gafas de seguridad.
- En caso de inhalación acudir a un lugar ventilado. En caso de contacto lavar zona afectada con agua. No verter al alcantarillado.

Observaciones: muy empleada en Europa (modelos de Mehra).

5.3.2.2.8. Aquazol®⁵⁷⁰:

Origen y composición: polímero PEOX. Poli (2-Etil-2-Oxazolina). (C₅H₉NO)_n. 100% homopolímero preparado por apertura del anillo del monómero 2-Etil-2-Oxazolina. Fabricado por *Polymer Chemistry Innovations* (Fig. 149).

Otros términos y marcas: CAS 25805-17-8 Poly (ethyl-2-oxazolina) 99,9% y CAS 10431-98-8 2-ethyl-2-oxazolina < 0,1%. Polímero PEOX.

Propiedades físico-químicas:

- PM: 5.000-500.000. 200.000 (Aquazol® 200) y 500.000 (Aquazol® 500) u.m.a.
- Presión de vapor: 6 mm Hg (a 20°C).
- Viscosidad: Aquazol® 200: 33,8 cPs al 10%, 306 cPs al 20%; Aquazol® 500: 67,2 cPs al 10%, 2220 cPs al 20%.
- Punto de ebullición: 128,4°C a 760 mm Hg.
- PH: 6,8-7,4 (10% solución).
- Tg: 69-71°C. Tg < 55°C en *films* obtenidos con solución acuosa.
- T^a de descomposición: >380°C.
- Punto de fusión/congelación (°F): 212-392.
- Gravedad específica/densidad: 1,14 g/cm³.



Fig. 149. Aquazol 500 y 200.

⁵⁷⁰ BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 171-172. WOLBERS, R., MCGYNN, M., DUERBECK, D. *Op. cit.*, pp. 514-527. CTS "Aquazol". *Ficha de seguridad*. 05/07/04. C.T.S. S.r.l. Italia. CTS "Aquazol". *Ficha técnica*. C.T.S. S.r.l. Italia. WOLBERS, R. *Op. cit.*, pp. 118-119. PCI Web. "Aquazol". © Polymer Chemistry Innovations, Inc. [En línea]. <www.polychemistry.com>. [Consulta: 11/08/09]. PCI Web. "Aquazol® Polymers". ©Polymer Chemistry Innovations, Inc. [En línea]. <www.polychemistry.com>. [Consulta: 11/08/09]. CTS "Aquazol: un polimero idrosolubile" *Bollettino*. [En línea]. C.T.S Italia <www.ctseurope.com>. [Consulta: 21/08/09]. BORGIOI, L. "Sempre più Aquazol" *Op. cit.* ARSLANOGLU, J. *Op. cit.* Cfr. BENEFORTI. *Op. cit.* BORACCI, V., SABAH, F., BARIGIONE, L. *Op. cit.*, pp. 169-172. JORDAN, F. *Op. cit.*, pp. 12-23. VENTIKOU, M. *Op. cit.* BUZZEGOLI, E., LANDI, L., MINOTTI, D. *Op. cit.*, pp. 83-84. WOLBERS, R. *Op. cit.*, p. 118.

- Índice de refracción a 25°C: 1.520 (Aquazol® 50). Bajo impacto cromático.
- Combustión limpia. No iónico. No encoge. Material higroscópico.
- Amplia solubilidad en agua y disolventes orgánicos polares. Intervalo de polaridad del metanol (Fd 30-100) a hidrocarburos (Fd 80-100).
- Extremadamente plástico incluso en condiciones de baja HR⁵⁷¹.
- Adhesivo débil (menor que los acrílicos y vinílicos, pero mayor que el Klucel® G). La fuerza adhesiva disminuye pasando del 500 al 200.
- Termoplástico. Posibilidad de *heat sealing* alrededor de 55°C.
- Miscible con PVAI, PVB, pasta almidón, cola de piel y metilcelulosa, etc. Elevada reversibilidad.
- Plastificante estable de otros polímeros (resinas epoxi, Paraloid® B72). Modificación de Tg y comportamiento mecánico de forma duradera (ácido poliacrílico o Paraloid® B-72).
- Envejecimiento: elevada estabilidad, despolimeriza sin reticulación, no coloración, mantenimiento propiedades mecánicas, solubilidad y pH (de 6,2 a 6,4), no bandas absorción espectro FTIR (ausencia de productos de oxidación). Escaso ataque microbiológico. Baja resistencia a los UV⁵⁷².

Presentación: sólido amarillento. Aquazol® 5, 50, 200, 500, según PM.

Aplicaciones:

- Adhesivo *hot melt* y *pressure-sensitive*, fabricación de envases para alimentos, aglutinante ecológico en cerámica, ingrediente activo en fluidos acuosos para el enfriamiento de productos metálicos fundidos, promotor de la adhesión en sistemas de impresión multicapa, adhesión de fibra de vidrio y poliéster.
- Restauración: consolidante para soportes textiles (alternativa al reentelado) y cuero. Adhesivo y consolidante de pintura, esmaltes sobre cobre. Medio de reintegración. Uso alternativo a las colas proteicas (cola

⁵⁷¹ Alargamiento a la rotura hasta del 380% a 8% HR (gelatina 3% a alargamiento a la rotura a la misma humedad).

⁵⁷² Elevada exposición a UV: amarilleo y nuevas bandas de FTIR. BORACCI, V., SABAH, F., BARIGIONE, L. *Op. cit.*, p. 170. BORGIOI, L., CAMAITI, M., ROSI, L. "Comportamento all'irraggiamento UV di nuovi formulati polimerici per il restauro". Relazione in corso di pubblicazione. CTS. *Op. cit.*

de conejo y esturión), alcohol polivinílico, emulsiones acrílicas o de polivinilacetatos. Posibilidad de uso en frío.

Preparación: seleccionar tipo y disolvente. Realizar disolución y emplear un agitador magnético.

- Consolidante de soportes textiles: Aquazol® 500 en acetona 1:7 (peso/volumen) a pincel. Reactivación a unos 55°C en mesa de vacío⁵⁷³
- Consolidante pictórico: 10-25% en agua (Aquazol® 200, el 50 baja capacidad adhesiva). Al 10% en *Industrial Methylated Spirits* para consolidar pintura sobre vidrio. El 200 puede nebulizarse al 1,25%.
- Como adhesivo (Aquazol® 500), se aconseja su uso en concentraciones >20%, pues su disposición parece no ser homogénea. Al 10-25% en solución acuosa y etanol para consolidar y fijar madera policromada. Empleado al 20% en agua e IMS (95:5) para fijar pintura sobre vidrio. Consolidación-fijación barro no cocido con escamaciones (4% Aquazol® 500 mezcla disolvente/agua 1:2 y luego al 4% disolvente). Estucado (10% Aquazol® 500 en agua y sulfato cálcico).
- Añadir una pequeña cantidad de tensioactivo no iónico (Ej. Tween® 20) para mejorar la mojabilidad de las disoluciones acuosas.

Riesgos y medidas de protección: sin riesgos para la salud. Biodegradabilidad no determinada.

Observaciones:

- Propuesto por Wolbers en 1994 como consolidante potencial para la restauración.
- Gran adhesión sobre superficies no porosas como el vidrio y poliéster siliconado (comprobado durante esta investigación). Comportamiento plástico antes del secado (alta tensión superficial).
- Comparado con colas animales, el Aquazol® 200 parece tener una mejor difusión, una menor densidad a igual concentración que la cola de esturión.
- Aquazol® 500: recomendable en intervenciones de adhesión de capas pictóricas cuando se requiera una fuerza adhesiva moderada.

⁵⁷³ Emplean acetona para que no penetrara e impregnara sólo la tela. KNIGHT, E., BORGIOLO, L. *Op. cit.*, pp. 188-189.

- Para consolidaciones con soluciones acuosas, se ha observado una mejor penetración con la adición de un 10% de etanol, especialmente si las superficies son apolares como el óleo.
- Al ser termoplástico, el efecto de la consolidación puede mejorarse con aportación de calor y presión (espátula caliente, mesa de caliente y de succión, etc.), al igual que al emplear Beva® 371.
- La eliminación de residuos puede realizarse con los mismos solventes utilizados en la preparación del adhesivo.
- Los distintos tipos de Aquazol® pueden mezclarse entre sí.
- Ausencia de aditivos y co-formulantes en el producto.
- Debido a su tendencia a gelificar en HR sobre 85% no puede ser empleado al exterior o en ambientes donde pueda darse una pérdida adhesiva y consolidante, y evitar los UV. El objeto será barnizado para reducir la absorción de agua.
- Evitar como adhesivo estructural.
- Gracias a su amplia solubilidad puede emplearse en dorados, pues los residuos pueden eliminarse con acetona.
- Las soluciones acuosas muestran buenas propiedades adhesivas y cohesivas que proporcionan buena adhesión sobre fibra de vidrio y poliéster.
- Como la gelatina animal y el PVAI, puede formar enlaces con los cationes metálicos de los pigmentos para formar complejos que reducirán la reversibilidad.
- Mejor penetración soluciones con pequeñas cantidades alcohol que sólo con agua. 20% a 500 en 1:10 etanol-agua funcionaba muy bien.
- Proteger de la humedad, mantener los botes cerrados. Higroscópico (problema si se aplica en obras expuestas sin control ambiental).

5.3.2.2.9. Ciclododecano⁵⁷⁴:

Origen y composición: molécula orgánica compleja (C₁₂H₂₄). Hidrocarburo cíclico saturado. Spray con propulsor con mezcla de butano-metano (Fig. 150).

Otros términos: N. CAS 294-62-2, N. CE 206-033-9. CCD.

Propiedades físico-químicas:

- Punto de fusión: 58-61°C.
- Punto de ebullición: 243°C.
- Peso específico 0,83 kg/dm³.
- Presión de vapor: 0,039 mbar a 25°C.
- Densidad: 0,863 g cm⁻³.
- Flash Point, closed cup: >93°C.
- Peso molecular 168, 31g mol⁻¹.
- Gravedad específica, 80°C 0,82.
- Viscosidad a 65°C: 2,2 mPas.
- Solubilidad: alta solubilidad en solventes no polares (hidrocarburos saturados, aromáticos y halogenados). Insoluble en solventes polares.
- Químicamente estable.
- Capacidad de sublimar a temperatura ambiente.
- Capas no uniformes de cristales en forma de agujas. *Films* elásticos, no transparentes, altamente hidrorrepelentes.
- Descomposición química por sobrecalentamiento.



Fig. 150.
CCD
spray.

⁵⁷⁴ CAGNA, M., RIGGIARDI, D. *Op. cit.*, p. 91-98. HANGLEITER, H. M. "Temporary Protection of Sensitive Surfaces About the Usage of Volatile Binding Agents" DRV-Conference Berlin, 2000. BORGIOI, L., BOSCHETTI, E. "Il fascino discreto del ciclododecano". Progetto Restauro n° 42, primavera 2007. CAGNA, M., RIGGIARDI, D. *Op. cit.*, pp. 91-98. HANGLEITER, H., SALTZMANN, L. *Op. cit.*, pp. 109-113. Cfr. BRÜCKLE, I., THORNTON, J., NICHOLS, K., STRICKLER, G. *Op. Cit.* BAGAN PÉREZ, R. *Op. cit.*, p. 156. CTS. "Ciclododecano Sólido. Ficha de seguridad". [En línea]. CTS Italia. Fecha edición 09/11/07. <www.ctseurope.com>. [Consulta: 09/08/09]. CTS. "Ciclododecano Spray. Ficha de seguridad". [En línea]. CTS Italia. Fecha edición 09/11/07. <www.ctseurope.com>. [Consulta: 09/08/09].

Presentación: sólido blanco cristalino. Comercializado: sólido y spray.

Aplicaciones: consolidante efímero para medios sensibles al agua sobre soportes como papel y otros objetos frágiles. Película de barrera en la extracción de moldes de objetos porosos, engasados para materiales arqueológicos y pintura mural. Hidrofugante temporal y aislante en limpiezas para impedir el paso de barnices solubilizados con soluciones alcohólicas o hidroalcohólicas.

Preparación:

- Puede aplicarse en spray, fundido o en solución sobre cualquier superficie (papel, textil, madera, vidrio, metal, plástico, barniz). Distancia aplicación: de 3 a 4 cm, o de 6 a 10 cm.
- Saturar la disolución (120% en xileno o 140% en hexano) con agitador magnético. Aplicar a pistola o pincel directamente o a través de papel japonés (caerá en unos días). Disolventes de evaporación rápida dan films más homogéneos y densos.
- Fundir al baño María a 60°C, formando un *film* más grueso que disuelto. Aplicar a pincel, espátula o con pistolas (80°C).
- Consolidaciones temporales: mojar superficie con solvente apolar (White Spirit®) y después aplicar CCD disuelto para mejorar la penetración.
- Aislante en limpiezas: en superficies absorbentes añadir 10% isooctano con punto ebullición 99°C al CCD fundido. Si no son absorbentes añadir 10% pentano 36°C al CCD fundido.

Riesgos y medidas de protección:

- El polvo puede formar mezclas explosivas con el aire. Puede ser irritante, toxicidad no totalmente estudiada. Spray: Extremadamente inflamable. Irritante. Peligroso para el agua. Durante el uso puede formar con aire mezclas explosivas e inflamables.
- Datos toxicológicos: LD50 10000 mg kg⁻¹, LC50 21,8 g/l/48h, Frase de riesgo: R36, R37, R38. Información ambiental: Baja biodegradabilidad en suelo y en agua. Vapores fácilmente degradables en atmósfera, tendencia a bioacumular. Protección personal: minimizar el contacto.

Observaciones: producto atípico. Introducido en Alemania en 1995 por Hans Michael Hangleiter, Erhard y Elisabeth Jägers, tras diversos estudios comparativos entre este producto y otros hidrocarburos cíclicos como el canfeno, el tricleno y el mentol.

- Existen distintas boquillas para el spray (standard: 15 mm de franja a distancia de 6 cm; de ángulo graduable: 50 mm de franja a 6 cm).
- Rendimiento: un envase de 400ml cubre 1 m².
- El CCD fundido o en disolución garantiza una mayor penetración (aumenta con disolventes con punto ebullición bajo: isooctano y pentano), al formar capas densas sin cristales distintivos debido a un enfriamiento y solidificación rápidos. Capa muy resistente a la presión y abrasión y ofrece buena protección agua, etanol, isopropanol y acetona.
- Usar el *spray* únicamente en protecciones o fijaciones temporales.
- Sublima según el tiempo, la modalidad de aplicación, la cantidad del producto, la temperatura y la ventilación. CCD puro con penetración de varios centímetros tardará en sublimar varios años. Disoluciones saturadas subliman bastante rápido a temperatura ambiente (ej. consolidación temporal de 30 mm en piedra arenisca tardará unas 6 semanas en sublimar). Aplicado en spray, con una distancia de 10 cm, tarda un día en sublimar. Un estrato de 1 mm puede tardar de 2 a 3 días a 20°C. En consolidaciones, si la penetración óptima, puede tardar unos 30 días.
- Para favorecer la eliminación, lavar con White Spirit® o aplicar aire caliente.
- El proceso de sublimación puede retardarse en una bolsa de plástico o con papel metálico adherido al CCD.
- Aplicable en caso de levantamientos, pulverulencia, superficies con escamas. En ese caso se recomienda utilizar distancias mayores y aplicaciones sucesivas para evitar desprendimientos.

5.3.2.2.10. Fluoline® HY⁵⁷⁵:

Origen y composición: elastómero a base de copolímeros fluorados en solventes de baja toxicidad. La molécula empleada es un copolímero de hexafluoropropeno-fluoruro de vinilideno, con un contenido de flúor del 65% (Fig. 151).

Otros términos: sustituye al Akeogard® CO. Cod. 02007701-05-25.

Propiedades físico-químicas:

- Peso molecular alto (alrededor de 400.000 u.m.a. en acetona-butilacetato). Dimensiones moleculares enormes.
- Líquido incoloro con olor a hidrocarburo.
- pH. N.A.
- Punto/intervalo de ebullición: 101-110°C.
- Punto de inflamabilidad (líquidos): <21°C (Din 51 755).
- Densidad relativa: 0,864 g/cm³.
- Viscosidad: N.D.
- Velocidad de evaporación: N.D.
- Tg: -21°C.
- Elevada hidrorrepelencia y óleorrepelencia.
- Absorción de polvo.
- Elevada permeabilidad al vapor de agua.
- Transparencia a las radiaciones luminosas.
- Tiempo de secado ca. 1-2 horas a 23°C.
- Contenido seco: 3%.
- Elasticidad.



Fig. 151. Fluoline HY.

⁵⁷⁵ Cfr. CTS. "Fluorati: Next Generation". *Op. cit.* CTS. "La rinascita del fluoropolietere". *Bollettino*. [En línea]. CTS. <[www.ctseurope.com/...](http://www.ctseurope.com/)> [Consulta: 09/08/09]. Para mayor información consultar: CTS "Fluoline HY" *Caratteristiche tecniche*. C.T.S. S.r.l. Altavilla Vicentina, Italia. CTS. "Fluoline HY". *Ficha de seguridad*. 02/10/07. C.T.S. S.r.l. Altavilla Vicentina, Italia.

- Peso específico: 0,86+-0,05 kg/lit.
- Viscosidad Brookfield 20-100 cP.
- Facilidad de aplicación.
- Ausencia de variaciones cromáticas de los materiales tratados.
- No interacciona con los componentes de los materiales pétreos.
- Fácilmente inflamable si se expone a fuentes de ignición.
- Elevada estabilidad a los UV, agentes químicos y atmosféricos. Buen envejecimiento sin pérdida de permeabilidad, hidrorrepelencia y oleorrepelencia, no variación estructura química, peso molecular y Tg. Reversibilidad alta en acetona.

Presentación: disponible en envases de 1-5 y 25 litros.

Aplicaciones: protectivo reagregante, preconsolidación y protección de objetos pétreos, intónacos y pinturas murales. Extracción de graffities sobre monumentos (se aplica sobre ellos, se deja secar y se retira con solventes polares)⁵⁷⁶. Consolidante para temple.

Preparación: se aplica directamente, preferiblemente a pincel. En caso de aplicación a *spray*, es necesario diluirlo ligeramente con butilacetato. No aplicar con temperaturas inferiores a 5°C.

Riesgos y medidas de protección: puede provocar daños a la salud, como irritación de las mucosas y vías respiratorias, daños a los riñones y al sistema nervioso central. La intoxicación puede manifestarse con dolor de cabeza, vértigos, cansancio y debilidad muscular.

Observaciones:

- Por Tg favorece la absorción del polvo causando un oscurecimiento de la superficie tratada. No aplicar en materiales pétreos muy claros (travertino, mármol de Carrara, piedra de Istria).
- Debido a su elevada hidrorrepelencia, no pueden aplicarse otros tratamientos de base acuosa (veladuras, pátinas, reintegraciones, etc.)
- Almacenaje: 12 meses en recipiente original herméticamente cerrado a unos 20°C.

⁵⁷⁶ Un litro por 1-3 m² de superficie (efecto protectivo y reagregante); 0,5 por 2 m² (efecto anti-graffities).

A black and white photograph of a damaged aircraft wing, showing a large section missing and the underlying structure exposed. The image is overlaid with a magenta text box containing the title. The background is a light, textured surface, possibly a wall or a large sheet of paper.

6. PRINCIPIOS TEÓRICOS EN LAS INTERVENCIONES DE ADHESIÓN Y CONSOLIDACIÓN

6. PRINCIPIOS TEÓRICOS EN LAS INTERVENCIONES DE ADHESIÓN Y CONSOLIDACIÓN:

Tras dedicar un capítulo a los polímeros naturales y sintéticos empleados, y como antesala al dedicado a los sistemas actuales de intervención, debemos ahondar en aquellos principios teóricos que relacionan tanto la aplicación de las sustancias adhesivas como las particularidades de los sustratos sobre las que se aplican. Principios cuya comprensión es indispensable, ya que afectarán a la práctica y éxito de los tratamientos.

6.1. CONCEPTO DE ADHESIVO Y ADHESIÓN:

El presente apartado tiene como objetivo principal la exposición sintetizada de una serie de conceptos básicos que identifican a los adhesivos y adherentes en las intervenciones de fijación y consolidación, así como introducir las teorías de la adhesión.

6.1.1. Conceptos básicos:

Según los expertos, para volver a unir dos fragmentos necesitamos un material con propiedades adhesivas capaz de rellenar los huecos existentes entre ambos, manteniéndolos pegados al secar⁵⁷⁷. En superficies ópticamente lisas, estas irregularidades pueden alcanzar el rango de 50-500 Ångström. De ahí, que K.W. Allen señale que a escala microscópica, dicha adhesión podría ser comparada con la unión de los Alpes con la cordillera del Himalaya⁵⁷⁸.

Precisamente, tras su aplicación en forma líquida, las sustancias filmógenas tienen la capacidad de formar estratos sólidos, continuos y homogéneos, mediante mecanismos físicos o físico-químicos. En el caso que nos ocupa, no cumplirán una función estructural, como sí ocurriría en el tratamiento de materiales diversos como el hierro, la piedra o la madera⁵⁷⁹.

⁵⁷⁷ VV.AA. *Science for Conservators. Adhesives and Coatings*. Vol. 3. New York: Museums & Galleries Commission and Routledge, 2005, p. 14.

⁵⁷⁸ Ångström (Å) = 10^{-10} m. ALLEN, K.W. "Adhesion and adhesives, some fundamentals". *Adhesives and Consolidants*. London: IIC, 1984, p. 6.

⁵⁷⁹ BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Le resine sintetiche usate nel trattamento di opere policrome*. Saonara: Il Prato, 2005, p. 65.

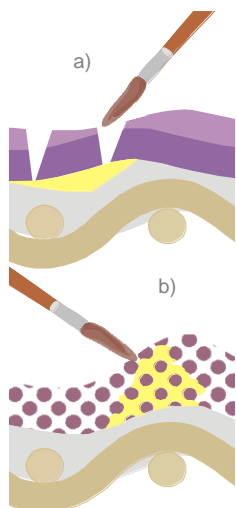


Fig. 152. Adhesivo y sustratos en las intervenciones de adhesión a) y consolidación b).

La definición que se le da a **adhesivo** es la de una sustancia que se aplica entre dos superficies a fin de proporcionar una unión resistente a la separación. Siendo los **sustratos** o **adherentes**, los materiales a unir (Fig. 152)⁵⁸⁰.

Según M^a Luisa Gómez, los sustratos en restauración abarcan desde las superficies de dos piezas o fragmentos en el caso de un adhesivo, a las partículas de un sólido pulverulento, si se trata de un consolidante o a los pigmentos en el caso de los aglutinantes⁵⁸¹. De esta manera, tanto en las intervenciones de adhesión como en las de consolidación, estaríamos hablando de unir sustratos mediante sustancias con propiedades adhesivas. El tamaño, cantidad y características de estos sustratos variará según la alteración presentada.

*“...el fijado (...), y la consolidación son operaciones consistentes en introducir adhesivos en la pintura...”*⁵⁸².

De igual modo, otros investigadores afirman que los consolidantes deben actuar como adhesivos, aunque sería como adhesivos en tres dimensiones⁵⁸³. Por tanto, todos los requerimientos exigibles al adhesivo y al proceso de unión son relevantes también en consolidación, siendo más rigurosos en este último caso.

En este punto, cabría preguntarse, ¿por qué la aplicación de un adhesivo permite mantener dos superficies unidas? Según Mario Madrid, este fenómeno se da a través de un mecanismo de unión que depende de la adhesión (fuerza de unión del adhesivo al sustrato) y de la fuerza interna del adhesivo o cohesión⁵⁸⁴.

⁵⁸⁰ VV.AA. *Tecnología de la adhesión*. Madrid: Henkel Ibérica, 2000, p. 18.

⁵⁸¹ GÓMEZ GONZÁLEZ, M^a L. *La Restauración. Examen científico aplicada a la conservación de obras de arte*. Madrid: Cátedra, 2000, p. 338.

⁵⁸² VILLARQUIDE, A. *La pintura sobre tela II. Alteraciones, materiales y tratamientos de restauración*. San Sebastián: Nerea, 2005, p. 124.

⁵⁸³ VV.AA. *Science for Conservators. Op. cit.*, p. 123.

⁵⁸⁴ MADRID VEGA, M. “Introducción”. *Tecnología de la adhesión. Op. cit.*, pp. 20-21.

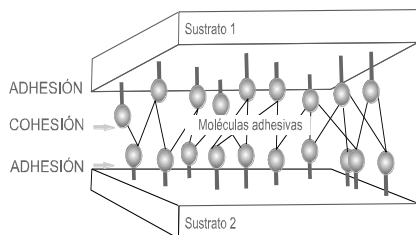


Fig. 153. Fases de una unión adhesiva.

La **adhesión**, por tanto, es el conjunto de interacciones físicas y químicas que tienen lugar en la interfase adhesivo-adherente, tratándose de un fenómeno de superficie de gran complejidad⁵⁸⁵.

En este proceso, aunque intervienen también las fuerzas primarias de valencia, parecen

tener una gran relevancia los enlaces secundarios entre las moléculas del adhesivo y los átomos o moléculas de la superficie de las piezas a ser unidas (fuerzas físicas de atracción y absorción o de Van der Waals). La magnitud de dichas fuerzas será un factor importante en determinar la resistencia de la unión adhesiva resultante (Fig. 153)⁵⁸⁶.

Así, la unión adhesivo-sustrato depende de las fuerzas existentes entre ambos, la humectación, la rugosidad de la superficie sólida, la velocidad de deslizamiento del adhesivo líquido, el cambio de fase y las propiedades del sólido formado. Al introducir el adhesivo en forma líquida, las fuerzas de adhesión son muy elevadas, mientras que las de cohesión son poco relevantes. Durante el proceso de secado, las fuerzas de adhesión van decreciendo a la vez que se da una contracción de volumen del adhesivo que no alcanza todos los espacios vacíos. Finalmente, en el secado, se da un

⁵⁸⁵ **Adhesión:** fuerza de unión en la interfase de contacto entre dos materiales.
Cohesión: fuerza de atracción entre las partículas adyacentes de un mismo cuerpo (moléculas dentro del adhesivo) manteniendo el material unido. En los adhesivos, estas fuerzas de atracción engloban las fuerzas intermoleculares de atracción y los enlaces entre las propias moléculas del polímero. Para A. Pataki, está influenciada por el peso molecular, la cantidad y tamaño de las cadenas y la polaridad. Dichas fuerzas operan a distancias muy cortas, del orden de Ångström (10^{-10} m), siendo inefectivas a grandes distancias, requiriendo un contacto íntimo entre superficies. *Ibidem*. GÓMEZ, M^a L., *Op. cit.*, p. 338. ALLEN, K.W. *Op. cit.*, p. 5. PATAKI, A. Apuntes curso: "Adhesivos aplicados a la restauración de papel". Valencia: IVC+R, 10/2007. SAN ANDRÉS MOYA, M., DE LA VIÑA FERRER, S. *Fundamentos de química y física para la conservación y restauración*. Madrid: Síntesis, 2004, p. 279. DAHLQUIST, C. "The Theory of Adhesion". *Coatings Technology Handbook*. Third Edition. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006, pp. 1-9.

⁵⁸⁶ MARTÍN MARTÍNEZ, J. M., MARTÍN REY, S. *Adhesión y adhesivos en intervención de pintura sobre lienzo*. Valencia: UPV, 2008, p. 56. MADRID VEGA, M. *Op. cit.*, pp. 18 y 20. VV.AA. *Op. cit.*, p. 15. MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, pp. 369-390.

incremento de las fuerzas de cohesión. La unión adhesiva resultante, se caracteriza por presentar un espesor escaso respecto al de las superficies a unir⁵⁸⁷. Esta se evalúa por el ensayo de rotura, existiendo varias posibilidades de fallo: **separación por cohesión** (la ruptura se da en el interior del adhesivo), **separación por adhesión** (producida en la interfase sustrato-adhesivo) y **ruptura del sustrato** (Fig. 154). Cabe señalar que para la industria son preferibles los fallos de tipo cohesivo. En este caso, las fuerzas de adhesión, nunca serán menores que las de cohesión: $W_A > W_C$ ⁵⁸⁸.

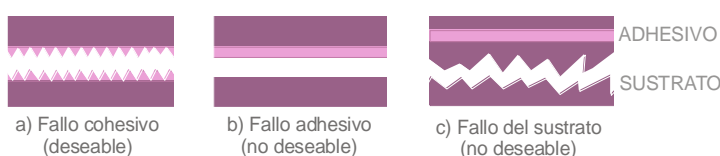


Fig. 154. Tipos de fallo en uniones adhesivas.

Horie afirma que los principios de adhesión entre el

polímero y la superficie del objeto son relevantes tanto en los adhesivos, como en los consolidantes y protectores (barnices)⁵⁸⁹. De acuerdo con lo anterior, el concepto de **adhesividad** se define como la aptitud que presenta un revestimiento para adherirse a su soporte, siendo la propiedad más importante de las sustancias adhesivas⁵⁹⁰. Por otra parte, la **adherencia** sería la capacidad que presenta un revestimiento para no separarse de su soporte⁵⁹¹.

6.1.2. Modelos de adhesión:

Pese a que no dan respuesta a todas las situaciones, Martín Martínez, señala que cada unión adhesiva podría ser explicada considerando conjuntamente

⁵⁸⁷ GÓMEZ, M^a. L. *Op. cit.*, pp. 338-344. MARTÍN MARTÍNEZ, J. M. *Adhesivos Vol. I*. Alicante: Universidad de Alicante, 2001, p. 144.

⁵⁸⁸ VV.AA. *Tecnología de la adhesión. Op. cit.*, pp. 20-42. GÓMEZ, M^a. L. *Op. cit.* (Ed. 1994), p. 55.

⁵⁸⁹ HORIE, C.V. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*. London: Butterworth, Heinemann, 1987, p. 71.

⁵⁹⁰ MASSCHELEIN-KLEINER, L. *Lians, vernis et adhésifs anciens*. Bruselas: KIK-IRPA, 1992, pp. 38-41.

⁵⁹¹ La adherencia entre dos capas se mide por la fuerza necesaria para su separación. HORIE, C.V. *Op. Cit.*, p. 71.

varios modelos de adhesión, entre los que destacan la adhesión mecánica, el modelo de la difusión y el de capas débiles de cohesión débil⁵⁹². En el caso que nos ocupa, debemos tener en cuenta las particularidades de cada estrato (grosor, porosidad, rigidez, etc.), el tipo de adhesivo y el sistema de aplicación, etc. Veamos las características principales de estos modelos, siguiendo la clasificación de este investigador:

6.1.2.1. Modelo mecánico:



Fig. 155. Pelado de la capa superficial.

Se trata del modelo más antiguo, en gran parte debido a la escuela de química rusa dirigida por Voyutskii y Vasenin. De acuerdo con este modelo, la adhesión se debe al anclaje del adhesivo en los poros e irregularidades superficiales del sustrato. Así, se produce una mejora de la adhesión debido al aumento de la superficie y a la penetración del adhesivo en las rugosidades.

El nivel de adhesión obtenido estará de acuerdo con el tipo de topografía superficial (Fig. 155)⁵⁹³. Este modelo, explica la adhesión de materiales porosos como la madera o la buena adherencia de capas pictóricas aplicadas *ex profeso* sobre preparaciones magras con un nivel de rugosidad determinado. Dichas irregularidades deben ser las correctas, puesto que practicadas en defecto o exceso, podrían debilitar la unión adhesiva (ver modelo de capas débiles de rotura preferente).

6.1.2.2. Modelo de la difusión:

El mecanismo de adhesión se produce por la migración de cadenas poliméricas entre las superficies de los dos polímeros en contacto, generando un incremento de cohesión en la interfase. Es decir, la molécula forma un

⁵⁹² MARTÍN MARTÍNEZ, JM. "Teorías de la adhesión". *Op. cit.*, pp. 37-42.

⁵⁹³ ALLEN, K.W. *Op. cit.*, pp. 9-10. VV.AA. *Tecnología de la adhesión. Op. cit.*, pp. 37-42. GÓMEZ M^a. L. *Op. cit.*, p. 159. MARTÍN MARTÍNEZ, J.M., MARTÍN REY, S. *Op. cit.*, pp. 95-109. MARTÍN MARTÍNEZ, J. M. *Adhesión de polímeros y elastómeros mediante adhesivos de contacto*. Alicante: Universidad de Alicante, 1993.

punto o enlace a lo largo de la interfase, quedando un extremo en un lado y el otro extremo en el otro.

Esta teoría es relevante en la adhesión de dos superficies del mismo polímero (autoadhesión), pero también explica la unión de dos películas de adhesivo por encima de sus temperaturas de transición vítrea, T_g ⁵⁹⁴. Así mismo, aunque el modelo presenta una serie de limitaciones, demuestra la pobre adhesión de las poliolefinas (polietileno, polipropileno), la escasa miscibilidad de la mayoría de los polímeros en agua, la ausencia de adhesión entre los que tienen diferentes parámetros de solubilidad y como señalamos, la autoadhesión de polímeros por aplicación de calor o reblandecimiento con disolventes⁵⁹⁵.

6.1.2.3. Modelo eléctrico:

Gracias a este modelo teórico se explican las uniones metal-adhesivo, en las que la distinta naturaleza de los materiales facilita la transferencia del metal al adhesivo equilibrando los niveles de Fermi de ambos, creándose una doble capa eléctrica en la interfase⁵⁹⁶. Según Allen, la teoría electrostática fue desarrollada en 1955 por el científico ruso Deryaguin, para el caso particular de las cintas sensibles a la presión, en las que el adherente y el adhesivo son considerados como dos placas de un condensador. Y en las que su trabajo de separación es equiparado a la energía requerida para separarlas⁵⁹⁷.

⁵⁹⁴ Ciertos adhesivos, aplicados a partir de soluciones o emulsiones, se dejan secar. Posteriormente, se ponen en contacto, a veces tras una reactivación por calor, para formar una unión que pierde cualquier interfase identificable mediante un proceso de difusión. ALLEN, K.W. *Op. cit.*, p. 9.

⁵⁹⁵ Para que se produzca una difusión óptima, los polímeros deben ser solubles entre sí. Es decir, deben poseer unos parámetros similares de solubilidad (δ : *Hildebrands*), que dependen del grado de interacciones intermoleculares en el disolvente o polímero. Por ejemplo, las sustancias apolares sólo poseen fuerzas de Van der Waals, presentando parámetros de solubilidad pequeños, mientras que las sustancias con enlaces de hidrógeno y/o grupos polares (cloro, carbonilo, amida) los tienen mayores.

MARTÍN MARTÍNEZ, J.M., MARTÍN REY, S. *Op. cit.*, pp. 97-99. MARTÍN MARTÍNEZ, J. M. *Adhesivos Vol. I*. Alicante: Universidad de Alicante, 2001, p. 37.

⁵⁹⁶ Las fuerzas electrostáticas implicadas en la separación de la unión pueden ser el resultado más que la causa del incremento de la adhesión. *Ibid.*, p. 38.

⁵⁹⁷ ALLEN, K.W. *Op. cit.*, p. 9.

6.1.2.4. Modelo de la adsorción termodinámica:

Se trata del modelo más importante y generalmente aplicable a todas las teorías. Para que se cumpla, deben existir múltiples zonas de contacto, así como una mojabilidad adecuada entre el adhesivo y el sustrato, gracias a la cual el adhesivo podrá adaptarse a las irregularidades (ver 6.2.1.2). Este fenómeno se debe a la creación de enlaces secundarios (enlaces físicos: *Van der Waals* y puentes de hidrógeno), establecidos entre ambas superficies, pudiendo ser una unión muy fuerte si se da un elevado número de enlaces. Adicionalmente, pueden formarse también enlaces primarios en la interfase⁵⁹⁸.



Fig. 156. Levantamientos. Obra R. Hamilton.

Daños tan frecuentes en pintura contemporánea como la delaminación de estratos de color aplicados sobre bases no absorbentes o grasas, ya sean preparaciones industriales alquídicas o capas pictóricas acrílicas o al óleo, podrían encontrar, en conjunción con el modelo mecánico explicación en esta teoría (Fig. 156).

6.1.2.5. Modelo de enlace químico:

Considera que la adhesión se da por la creación de enlaces primarios (enlace covalente y enlace iónico) entre el sustrato y el adherente. En la industria, este modelo se potencia cuando interesa dotar a las uniones adhesivas de una alta durabilidad. Para ello, se realizan tratamientos superficiales en los sustratos o se emplean adhesivos reactivos, tales como cianocrilatos o las resinas epoxi. Productos, que por otra parte, no acostumbran a utilizarse en las intervenciones de estabilización.

Matteini y Moles, incluyen bajo este modelo, a los adhesivos termoplásticos, los de dos componentes, aquellos en los que la adhesión es debida a la evaporación de disolvente en adhesivos en disolución o emulsión y finalmente, a los que el mecanismo de adhesión se da por contacto bajo presión⁵⁹⁹. A su vez, se trata de un modelo muy importante en la

⁵⁹⁸ MARTÍN MARTÍNEZ, J.M. *Op. cit.*, p. 39.

⁵⁹⁹ MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, pp. 275-279.

incorporación de promotores de adhesión o *primers*⁶⁰⁰. Respecto a estos últimos, señalar, que su uso no ha sido desarrollado en el ámbito de la conservación restauración.

6.1.2.6. Modelo ácido-base:

Muy popular en los 80, actualmente sólo permite justificar algunas uniones adhesivas como las realizadas con adhesivos epoxi y aleaciones de aluminio. Este modelo establece que la adhesión se debe a interacciones ácido-base o donador (B)-aceptor(A): $A \leftarrow B$.

Según este, las sustancias se clasifican teniendo en cuenta sus propiedades ácidas o básicas. Como ácido (donador de protones) encontramos las moléculas con un halógeno como PVC, PE y PP clorados o fluoruro de polivinilo. Y como base (aceptor de protones): polímeros como PMMA, poliestireno, EVA, policarbonatos o poliamidas. Y anfóteros (donador o acepto de protones): amidas, aminas, poliamidas, PVA, etc.⁶⁰¹

6.1.2.7. Modelo reológico:

$$EC:1 \quad W = W_o [1+f(V,T)]$$

Donde: **W**: Energía de separación.

W_o: Adhesión termodinámica.

F(V,T): Factor de pérdida. Depende de la velocidad durante el ensayo de adhesión (V), de la temperatura (T), y de la geometría del sustrato.

Sin entrar en muchos detalles, este modelo se considera en los ensayos de adhesión, en los que los sustratos y uniones son sometidos a sollicitaciones mecánicas que dirigen la ruptura de la unión a un lugar distinto según la naturaleza y magnitud de estas sollicitaciones.

Para Gent y Schulz, la energía de separación o adhesión experimental (W) de una unión adhesiva depende de la adhesión termodinámica o intrínseca (W_o) y de las propiedades reológicas de los materiales implicados (EC: 1)⁶⁰².

⁶⁰⁰ Los *primers*, son compuestos que se adicionan a la superficie de un sustrato a fin de aumentar la adhesión interfacial y la durabilidad de las uniones. Los promotores de la adhesión más comunes son los complejos organometálicos de zirconio, titanio, cromo, etc., y los silanos (cadena química relativamente corta con un extremo polar y otro apolar).

MARTÍN MARTÍNEZ, J.M. *Op. cit.*, pp. 40-41.

⁶⁰¹ *Ibidem*. MARTÍN MARTÍNEZ, J.M., MARTÍN REY, S. *Op. cit.*, pp. 104-105.

⁶⁰² *Ibid.*, p. 106. MASSCHELEIN-KLEINER, L. *Op. cit.*, p. 12.

6.1.2.8. Modelo de capas débiles de rotura preferente:

Explica las carencias de adhesión en muchas uniones, siendo uno de los modelos más comunes y de mayor utilidad. Según este modelo, la propagación de la fractura de una unión adhesiva tiende a dirigirse hacia la superficie del sustrato o del adhesivo si existen zonas débiles, y no en la zona interfacial (Fig. 157).



Fig. 157. Esquema de rotura de capas débiles debido a la presencia de contaminación.

Esto puede deberse a la presencia de contaminación (polvo, humedad, aire)⁶⁰³, a la migración a la interfase de sustancias de bajo peso molecular o aditivos, a la formación de burbujas en el adhesivo, a reacciones entre éste y el sustrato, o a un excesivo o inadecuado tratamiento superficial, etc.



Fig. 158 y 159. Fallos adhesivos por defecto y exceso de tratamiento superficial.

Las figuras 158 y 159, muestran dos obras con fallo adhesivo entre la capa pictórica y el sustrato subyacente⁶⁰⁴. En ambas situaciones, este fallo se ha producido en las zonas en las que la adhesión de ambas capas era más débil. La pintura se hace rígida con el tiempo, produciéndose diferentes

⁶⁰³ MARTÍN MARTÍNEZ, J.M., MARTÍN REY, S. *Op. cit.*, pp. 107-108. BERGER, G., ZELIGER, H. "Effects of consolidation measures on fibrous materials". *AIC-IIC Bulletin*. 14, nº 1, Octubre. Washington: AIC, 1973, pp. 5-6.

⁶⁰⁴ La primera imagen pertenece a la obra de J. Ripollés, *La Paloma*, s. XX, técnica mixta sobre lienzo, perteneciente a la familia Bodí Sepúlveda, gracias a la cual ha podido estudiarse la pieza. La segunda imagen corresponde a la obra de Porcar, *Pedregal*, 1956, óleo sobre lienzo, perteneciente a la colección del Círculo de Bellas Artes de Valencia, intervenida por el IVC+R.

grados de delaminación en respuesta a las oscilaciones termohigrométricas. No obstante, en el primer caso, podemos observar cómo la capa de preparación industrial, aunque está bien adherida al soporte textil, no lo está a la capa pictórica. Podría decirse, por tanto, que la falta de adhesión se ha producido en la interfase preparación-capa pictórica, probablemente a causa de un inadecuado tratamiento superficial que relacionaría este modelo con los modelos mecánico y de absorción termodinámica.

El segundo caso, en el que también podrían aplicarse dichos modelos, presenta un fallo de adhesión en la interfase soporte textil-capa de preparación por exceso en el tratamiento superficial del soporte. Esto es, a causa de la utilización de un soporte textil demasiado rugoso y absorbente para una preparación muy fina sensible a la humedad.

6.2. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS POLÍMEROS QUE AFECTAN A LAS INTERVENCIONES DE ESTABILIZACIÓN:

Las sustancias adhesivas presentan diferentes propiedades físico-químicas dependiendo de su estado anterior o posterior al curado⁶⁰⁵. Dichas propiedades influyen directamente en los tratamientos de consolidación y adhesión, en los que los adhesivos suelen aplicarse en fase líquida, pasando a fase sólida al secar. Por tanto, como veremos a continuación, el éxito de la unión adhesiva, tendrá que ver con el control de ciertas propiedades reológicas, termodinámicas, mecánicas, químicas y ópticas⁶⁰⁶.

6.2.1. Propiedades anteriores al curado del adhesivo:

Tanto las intervenciones de fijación como las de consolidación, consisten básicamente en introducir un adhesivo con el objetivo de adherir una serie de partículas sobre un sustrato determinado. Para garantizar esta operación debemos tener en cuenta una serie de requerimientos:

⁶⁰⁵ **Curado:** transformación experimentada por todos los adhesivos tras ser aplicados excepto los piezosensibles (cintas adhesivas). VV.AA. *Tecnología de la adhesión. Op. cit.*, p. 43.

⁶⁰⁶ Además de la forma líquida, pueden aplicarse por nebulización por ultrasonidos o en seco, siendo regenerados posteriormente mediante calor y/o disolventes (ver C7).

6.2.1.1. Las superficies deben estar limpias y presentar una topografía adecuada:

Según los principios de adhesión, para que se produzca una correcta unión, debe producirse un contacto íntimo entre las superficies del elemento a unir y la sustancia empleada para tal fin, produciéndose mayores uniones adhesivas con el incremento de las fuerzas intermoleculares. Para ello, según el modelo de capas débiles, las **superficies** deben estar **limpias**. Esto es, tan libres como sea posible de elementos químicos capaces de obstruir o disminuir la unión entre el adhesivo y el adherente. Pues, la mayoría de adhesivos, al presentar fuertes grupos polares en sus moléculas, no extienden bien sobre superficies contaminadas con sustancias no polares como la grasa⁶⁰⁷.

El problema surge porque de forma inmediata a la rotura de un objeto, se produce una contaminación de la superficie de las fracturas creadas, con elementos como el oxígeno, agua u otras sustancias químicas del entorno (polvo, grasa, disolventes, etc.). Además debemos contar con otros elementos presentes, e incluso probables, causantes del fallo adhesivo, como serían plastificantes migrados del propio estrato a estabilizar, restos de adhesivos de antiguas intervenciones (Fig. 160), estratos disgregados, etc.



Fig. 160. Adhesivo visible procedente de una intervención anterior.

La presencia de suciedad grasa o polvo sobre las superficies a unir o consolidar puede, a su vez, quedar fijada oscureciendo la zona tratada. Si el cumplimiento de este requisito es factible en la intervención de piezas arqueológicas, tales como el vidrio, cerámica, o

piedra, o de obras pictóricas como el reentelado de bordes; en los tratamientos de estabilización, la limpieza de las superficies a adherir, se convierte en una compleja tarea difícil de realizar al 100%.

En primer término, debido a que arrancar un levantamiento parcial de una capa pictórica para limpiar debajo o aspirar una zona que presente pulverulencia y extraer totalmente los contaminantes, para proceder

⁶⁰⁷ VV.AA. *Op. cit.*, p. 20. VV.AA. *Science for Conservators. Op. cit.*, pp. 14, 18-21. MARTÍN MARTÍNEZ, J.M., MARTÍN REY, S. *Op. cit.*, p. 96.

posteriormente a su readhesión o consolidación, es algo inviable. Y en segundo término, porque aún a sabiendas de que las partículas desprendidas o sueltas evitan el contacto con el adhesivo, según los criterios de la restauración, éstas deben ser en principio, conservadas, recolocadas y adheridas sin perder el material de la obra. Por tanto, tendríamos que hablar de limpiezas parciales muy por debajo de los requerimientos exigidos en las teorías de la adhesión. No obstante, debido a las características concretas de las obras contemporáneas, podrían darse casos que permitieran estas acciones, aunque no sea lo normal.

Volviendo a lo expuesto con anterioridad, la industria suele aplicar tratamientos superficiales a los sustratos, así como agentes promotores de la adhesión (*primers*), a fin de incrementar las fuerzas de adhesión, cuando estas no son lo suficientemente elevadas⁶⁰⁸. Este tipo de tratamientos se basa en el modelo de adhesión mecánico, según el cual, la topografía de la superficie juega un papel muy importante en la adhesión. Hay que decir, que al igual que ocurre con el requerimiento anterior, que la modificación mecánica de una superficie es algo que difícilmente podemos llevar a cabo en este tipo de intervenciones.

Una idea, en el caso de fragmentos de pintura totalmente separados, sería la de aplicar una capa intermedia con microesferas que proporcionarían una mayor rugosidad superficial. Respecto al uso de *primers*, queda pendiente su desarrollo específico en el ámbito de la conservación restauración de bienes culturales.

6.2.1.2. El adhesivo debe entrar en contacto con las superficies:

En segundo lugar, para garantizar la adhesión, el adhesivo debe alcanzar las superficies a unir, rodearlas y adaptarse a sus irregularidades, penetrando en poros y grietas. O lo que es lo mismo, tiene que “mojarlas”⁶⁰⁹. A la capacidad que tiene un líquido de mojar o rodear a un sólido, se le llama **humectación**. Además del grado de humectación, la resistencia de la fuerza adhesiva dependerá de la capacidad adhesiva de la superficie.

⁶⁰⁸ MARTÍN MARTÍNEZ, J.M., MARTÍN REY, S. *Op. cit.*, p. 76.

⁶⁰⁹ VV.AA. *Op. cit.*, pp. 37-42. GÓMEZ M^a. L. *Op. cit.*, p. 20. Cfr. ROCHE, A., OTTOLINI, S., RIGGIARDI, D. “Studio meccanico del potere consolidante di alcuni adesivi in rapporto a cariche e pigmenti utilizzati in pittura”. *L'attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso CESMAR7. Milano, 21-22 novembre 2008. Saonara: Il Prato, 2009, p. 137.

6. Principios teóricos en las intervenciones de adhesión y consolidación



Fig. 161. Mojabilidad y energía superficial. M&M.

Así, la apetencia de un sustrato a ser unido a otro se cuantifica

mediante la energía superficial (γ_{SV}), obtenida a partir de las medidas de los ángulos de contacto o de mojado (Θ), que es el ángulo mínimo formado por la tangente al menisco en el punto de contacto de la superficie. El valor de este ángulo proporciona una medida de la intensidad relativa a las fuerzas de cohesión y adherencia. De forma que, si es inferior a 90° , el líquido mojará la superficie y el menisco será cóncavo, y si es superior a 90° , el líquido no mojará la superficie y el menisco será convexo (Fig. 161 y 162)⁶¹⁰.

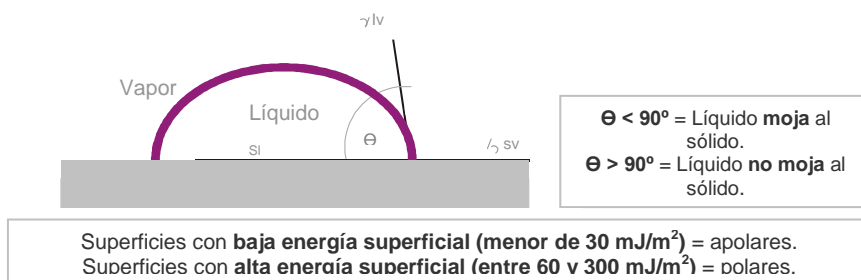


Fig. 162. Propiedades superficiales. Medida ángulos de contacto. M&M.

Para que un adhesivo moje a un sólido, la energía superficial del sólido debe ser superior a la del líquido ($\gamma_{SV} > \gamma_{LV}$). Y ambas, no deben tener grandes diferencias. Según Michalski, en las intervenciones de consolidación, se considera como buen grado de mojabilidad a un ángulo de contacto cercano a 0° ⁶¹¹.

⁶¹⁰ Uno de los métodos más precisos y sensibles para evaluar la energía superficial de los materiales (medidor: goniómetro). El fenómeno de mojado se da entre líquidos y sólidos, produciéndose tanto sobre la pared vertical de un recipiente con líquido, como sobre una superficie. VV.AA. *Op. cit.*, pp. 24-29. SAN ANDRÉS MOYA, M., DE LA VIÑA FERRER, S. *Op. cit.*, p. 296.

⁶¹¹ MICHALSKI, S. "Un modello fisico del processo di consolidamento, applicato principalmente ai dipinti". *Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi*

El siguiente cuadro contiene varias fórmulas referidas a estas propiedades superficiales, el trabajo de adhesión según Dupré y su relación con los ángulos de contacto o Ecuación de Young (EC: 2-3)⁶¹².

EC: 2-3 Trabajo de adhesión según Dupré: $W_A = (\gamma_{SV} + \gamma_{LV}) - \gamma_{SL}$
 Relación entre ángulos de contacto y W_A : $W_A = \gamma_{SV} (1 + \cos \Theta)$. Ecuación de Young.

En este sentido, Horie asegura que los adhesivos líquidos usados en conservación tienen bajas energías superficiales por debajo de 10^{-5} N/m y los sólidos duros altas energías (Tabla 24)⁶¹³. Esto significa que, aparte de algunas excepciones, siempre que la superficie esté libre de contaminantes, la humectación inicial y la adhesión serán raramente un problema con estos materiales.

Tabla. 24. Grado de mojabilidad de algunas sustancias adhesivas. M&M.

Sustancia adhesiva	Mojabilidad
Resinas en disolución	Buena
Cola animal	Buena
Adhesivos termofusibles	Baja

EC: 4 $\sigma = F_w / L \cos \Theta$
 Donde: σ : Tensión superficial de un líquido.
 F_w : Fuerza de Wilhelmy.
 L : Longitud de mojado.
 Θ : Ángulo de contacto.

Entre las sustancias adhesivas empleadas en este tipo de intervenciones destacan, por su buena mojabilidad, las resinas en solución y las colas proteicas. Estas últimas facilitan el contacto entre ambos sustratos debido a su comportamiento tixotrópico⁶¹⁴.

La extensión que alcanzará un adhesivo sobre una superficie dada, tiene que ver con la **tensión superficial** (EC: 4). De la que a su vez dependen otros fenómenos superficiales interrelacionados como el mojado de las superficies, la capilaridad y la formación de meniscos⁶¹⁵.

Scientifici per Valutarne l'efficacia. Atti congresso CESMAR7, Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008 p. 29.

⁶¹² Fuente: MARTÍN MARTÍNEZ, J.M., MARTÍN REY, S. *Op. cit.*, p. 52.

⁶¹³ Una excepción sería la de aplicar un adhesivo sobre una superficie orgánica como un barniz. HORIE, C.V. *Op. cit.*, pp. 72-73.

⁶¹⁴ GONZÁLEZ, M^a L. *Op. cit.* MARTÍN MARTÍNEZ, J.M., MARTÍN REY, S. *Op. cit.*, pp. 83-84.

⁶¹⁵ HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 71. SAN ANDRÉS MOYA, M., DE LA VIÑA FERRER, S. *Op. cit.*, pp. 289-290. MASSCHELEIN-KLEINER. *Op. cit.*, pp. 8-9. VV.AA.

Según lo anterior, esta suele representarse por la letra γ o σ , cuyas unidades son el N/m y el J/m², en el S.I. (1N/m = 10³ dyn/cm, en el CGS). Y se define como la fuerza que mantiene en contacto las moléculas de la superficie de un líquido en una unidad de longitud.

La tensión superficial es el resultado de un desequilibrio de las fuerzas de atracción intermolecular hacia el interior del líquido que actúa sobre las moléculas superficiales, siendo reflejo de la cohesión. Debido a estas fuerzas de atracción y a que las moléculas superficiales la ejercen en una determinada dirección (hacia abajo y hacia las paredes), el número de moléculas de la región superficial es menor, junto a una mayor distancia intermolecular. Por ello, las gotas de un líquido tienden a tener una forma esférica, comportándose la superficie como una membrana elástica resistente a la ruptura⁶¹⁶.

Según Matteini y Moles, cuando el líquido entra en contacto con el sólido se dan nuevas interacciones produciéndose una tensión superficial relativa a la interfase sólido-líquido, que depende también del sólido. Es decir, la tensión superficial depende del medio que le rodea, de la naturaleza del líquido y de la temperatura (decrece con ella).

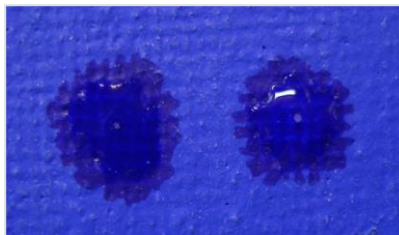


Fig. 163. Modificación de la energía superficial mediante ciclododecano.

En la imagen 163 podemos observar la modificación de la energía superficial de un temple a la cola mediante la aplicación de ciclododecano. Tras dicha aplicación se dejaron caer dos gotas de agua destilada⁶¹⁷. Este producto tiene una influencia directa en la penetración y difusión del líquido.

La capacidad de humectación aumenta con la disminución de los valores de tensión superficial y de interfase sólido-líquido. Esto es, cuanto menor sea la tensión superficial de un líquido mejor difundirá, se propagará y mojará la superficie del sólido (el ángulo de contacto será menor $\Theta < 90^\circ$). Por el

Tecnología. Op. cit., p. 32. Cfr. *High Energy Physics Group*. [En línea]. Madrid: Universidad Complutense, 2007. <www.gae.ucm.es>. [Consulta: 22/02/09].

⁶¹⁶ *Ibid.*, pp. 290-293. Aunque las más comunes son las de *Van der Waals*, estas fuerzas intermoleculares cambian dependiendo del tipo de líquido y su composición química. MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, pp. 160-164.

⁶¹⁷ Impermeabilización con 60% ciclododecano en White Spirit®.

contrario, cuanto mayor es la tensión superficial del líquido (σ_L) con respecto a la del sólido (σ_C), mayor su tendencia a formar gotas esféricas sobre la superficie, mayor el ángulo de contacto ($\Theta > 90^\circ$) y peor el mojado⁶¹⁸.

Tabla. 25. Tensión superficial disolventes y polímeros.

Disolventes y polímeros	Tensión superficial (dyn/cm) a 20°C
Agua	72,8
Xileno	29,0
White Spirit	25,4
Acetona	24,9
Etanol	22,9
Isopropanol	21,7
1% Gelatina	8,3 (5°C)
Polietileno	31
Neopreno	38
Policloruro de vinilo	39
Caseína	45
Resina de urea-formaldehído	61

Mediante la Tabla 25, podemos deducir la capacidad de mojado de algunos disolventes respecto a algunos polímeros. Por ejemplo, el agua (tensión superficial muy alta respecto a la de los otros materiales), mojará mal sobre superficies como el polietileno, neopreno o policloruro de vinilo, y de forma aceptable a buena sobre la lana o la resina de urea-formaldehído respectivamente. Por contra, el etanol y el isopropanol mojarán bien estas superficies.

La tensión superficial de la mayor parte de los solventes orgánicos y del agua está entre 20-30N/m⁶¹⁹. Esta, puede disminuirse con la adición de un tensioactivo, de forma que $\sigma_L < \sigma_C$ ($\Theta < 90^\circ$)⁶²⁰. En el ámbito de la restauración suelen emplearse con este fin, la hiel de buey, el Agepon® (tensioactivo aniónico fabricado por Agfa©) y disolventes como el etanol.

6.2.1.3. El adhesivo debe fluir sobre la superficie:

Además, el líquido debe fluir sobre una superficie a adherir, adaptándose de forma uniforme sin formar burbujas que debilitarían la adhesión. Situación que está influenciada por la **viscosidad** (η). Una propiedad reológica que expresa la resistencia de un fluido al deslizamiento y cuantifica el rozamiento entre sus moléculas. Definida como:

⁶¹⁸ *Ibid.*, pp. 160-164. VV.AA. *Science for Conservators, Op. cit.*, p. 19.

⁶¹⁹ En modelo físico para el proceso de consolidación de pintura, establece como media un valor único de ~25N/m. MICHALSKI, S. *Op. cit.*, p. 29.

⁶²⁰ **Tensioactivo:** compuesto capaz de disminuir la tensión superficial de las sustancias. Molécula con una parte polar o hidrófila y otra no polar o hidrófoba. Tensioactivos sintéticos: aniónicos, catiónicos, anfóteros y no iónicos, utilizados como detergentes, emulgentes, dispersantes y emulsionantes. MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, pp. 163-164. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 117. MASSCHELEIN-KLEINER. *Les Solvants*. Bruselas: KIK-IRPA, 1994, pp. 18-22.

“... la fuerza que hay que aplicar a la unidad de superficie de un líquido, situada a una unidad de distancia de otra superficie en reposo, para comunicarle una velocidad constante”⁶²¹.

<p>EC: 5</p> $\eta = \frac{F/S}{\Delta v/\Delta l}$ <p>Donde: η: Coeficiente de viscosidad absoluta. F/S: Fuerza aplicada por unidad de superficie o tensión de cizalla (t) $\Delta v/\Delta l$: Gradiente de velocidad o velocidad de cizalla (D)</p>

Expresada en Pa.s o centipoises cP (valores bajos de viscosidad), es específica de cada líquido y depende del tamaño, forma e interacción entre las moléculas (EC: 5). Siendo muy sensible a la presión y a las variaciones de temperatura (inversamente proporcional)⁶²².

Las sustancias adhesivas que empleamos, pueden agruparse en **fluidos newtonianos y no newtonianos**, según su comportamiento reológico⁶²³. Concretamente, las disoluciones de resinas naturales y las disoluciones diluidas de polímeros, junto al agua y los disolventes orgánicos, se comportan como **fluidos newtonianos**, en los que la viscosidad es una propiedad física constante que depende sólo de la naturaleza del fluido y de la temperatura, no viéndose afectada por la intensidad de agitación, ni por el tiempo de duración de la misma⁶²⁴.

Al preparar la mezcla, el soluto variará este valor. Y lo hará especialmente si se trata de un polímero, incrementándolo incluso en pequeñas concentraciones. Así mismo, el disolvente afectará a la viscosidad de la disolución en función de su propia viscosidad y de su capacidad solvente.

Esto es, si disuelve bien el polímero, la viscosidad de la solución aumentará significativamente en comparación con el disolvente puro. Por contra, si lo hace parcialmente este aumento no será tan elevado. Cuanto más concentración de polímero o resina, mayor viscosidad. La viscosidad también

⁶²¹ La **reología** estudia los fenómenos de deslizamiento y deformación de la materia bajo el efecto de una fuerza. MASSCHELEIN-KLEINER. *Liants. Op. cit.*, p. 12. GÓMEZ, M^a L. *Op. Cit.*, p. 118. VV.AA. *Op. cit.*, pp. 44-46.

⁶²² 1 Pa.s = 10 P. 1 cP = 10⁻² P. SAN ANDRÉS MOYA, M., DE LA VIÑA FERRER, S. *Op. cit.*, p. 314. MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, pp. 164-166.

⁶²³ Interesantes referencias pueden encontrarse en: SAN ANDRÉS MOYA, M., DE LA VIÑA FERRER, S. *Op. cit.*, pp. 316-328.

⁶²⁴ *Ibidem*. Fluidos que cumplen la *Ley de Newton*, expresada por la ecuación (EC: 6): **F/S = η . $\Delta v/\Delta l$ o t = η . D.**

será mayor, a una concentración dada, cuanto mayor la masa molecular del polímero⁶²⁵.

Tabla. 26. Viscosidad de algunos productos. Michalski.

Sustancia	Viscosidad (mPa y cP)
10% B72® en etanol	~3
0,5% Metilcelulosa 400 en agua	~100
2% Metilcelulosa 400 en agua	~300
AC® 33	50 k

En el caso de disoluciones muy diluidas, los valores de viscosidad dependen exclusivamente de la interacción polímero-disolvente; a su vez, afectada por la temperatura (en todos los casos, su aumento produce una disminución de la viscosidad y un aumento de la fluidez), Tabla 26. Las disoluciones concentradas de

polímeros, las disoluciones coloidales, las dispersiones sintéticas, las pinturas o los polímeros fundidos o en estado líquido, se comportan como **fluidos no newtonianos**. Su viscosidad no depende únicamente de la naturaleza de la sustancia, si no que está influenciada por la intensidad y el tiempo de agitación.

Para complicarlo más, este grupo está formado por los fluidos no newtonianos independientes del tiempo de agitación y los dependientes del tiempo de agitación⁶²⁶. El primero agrupa a aquellos fluidos que se deslizan inmediatamente al aplicarles la tensión de cizalla, como los *fluidos pseudoplásticos* en los que la viscosidad disminuye al aumentar la intensidad de agitación, y a los *dilatantes*, que espesan al ser agitados, comportándose como seudoplásticos o tixotrópicos tras el proceso disolución (almidón, éteres de celulosa y goma arábiga). Y en segundo lugar, a aquellos fluidos en el que el deslizamiento no es inmediato, si no alcanzado al superar un determinado valor de tensión (*fluido plástico ideal o de Bingham*), como por ejemplo las dispersiones a partir de determinadas concentraciones de fase dispersa en un determinado medio de dispersión y los coloides (ej. pintura al óleo).

El segundo grupo, corresponde a los fluidos no newtonianos dependientes del tiempo de agitación, en los que la viscosidad aparente varía con su intensidad y tiempo de duración. Dentro de este grupo, encontramos dos tipos de comportamientos: Los *fluidos tixotrópicos*, en los que la viscosidad

⁶²⁵ La viscosidad aumenta con el tamaño de las moléculas de un líquido debido al incremento de las uniones secundarias. El peso molecular afectará a la viscosidad de las soluciones obtenidas, pudiendo ser elevadas incluso a bajas concentraciones del 20%. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 23.

⁶²⁶ *Ibidem*.

disminuye al aumentar la tensión de cizalla y el tiempo de agitación (la viscosidad es recuperada pero no inmediatamente), como las soluciones de polímeros solubles al agua, las disoluciones concentradas de almidón, la gelatina, las colas animales, la goma arábiga, los éteres celulósicos, las tintas de impresión o las pinturas basadas en dispersiones sintéticas. Esto explica el fenómeno del paso reversible de Sol a Gel en las colas animales (ver punto 6.2.2.2)⁶²⁷. Y los *fluidos reopéxicos*, como la nata, en los que la viscosidad aumenta al agitar y luego cae.

De acuerdo con lo aportado, podemos intuir que la viscosidad jugará un papel de suma importancia en las intervenciones de estabilización, en las que cabrá tener en cuenta que el valor de viscosidad de las sustancias adhesivas, está influenciado por el Peso Molecular del compuesto, tamaño de las partículas en las emulsiones y por la porosidad de las superficies. Algunas otras variables pueden ser modificadas según nuestros intereses (temperatura, tipo de disolvente, concentración y modo de aplicación)⁶²⁸. Sin embargo, cabe tener en cuenta que, las soluciones de polímeros darán altas viscosidades aún a bajas concentraciones debido a su elevado peso molecular. Esto contrasta con las bajas viscosidades obtenidas a partir de dispersiones acuosas de adhesivos sintéticos aún formulados con un 50% de resina seca⁶²⁹. Pero cuidado, esto no quiere decir que tengan una buena penetración pues sus agregados moleculares poseen un gran tamaño (Tabla 27)⁶³⁰.

Tabla. 27. Grado de viscosidad de las sustancias empleadas. M&M.

Sustancias adhesivas	Viscosidad (η)
En disolución	Alta
Dispersiones acuosas	Baja
Colas tixotrópicas	Alto tack inicial
Termofusibles	Alta

⁶²⁷ Comportamiento tixotrópico pinturas: al agitarlas y aplicarlas a brocha, disminuye la viscosidad distribuyéndolas uniformemente. Al cesar el movimiento, recuperan la viscosidad y cesa el desplazamiento. *Ibidem*. MASSCHELEIN-KLEINER. *Op. cit.*, pp. 13-16.

⁶²⁸ Concentraciones bajas producirán uniones débiles y altas, demasiado fuertes. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 23. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, pp. 118-120. MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 280. MICHALSKI, S. *Op. cit.*, p. 27.

⁶²⁹ *Ibid.*, pp. 66-70. Porcentaje de sólidos en productos sintéticos: 15-25% en base solvente y de 35-55% en base acuosa (adhesivos de contacto, dispersiones de PVA). MARTÍN MARTÍNEZ, J.M., MARTÍN REY, S. *Op. cit.*, p. 83.

⁶³⁰ La viscosidad de las emulsiones es la de la mezcla. Sin embargo, las micelas simples tienen una viscosidad interna mayor y se comportan como esferas

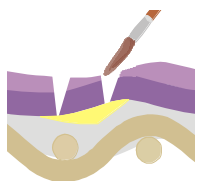


Fig. 164. Adhesión: alta viscosidad.

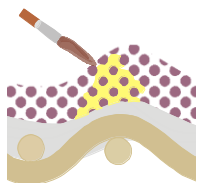


Fig. 165. Consolidación: baja viscosidad.

Por otra parte, los adhesivos termofusibles y las colas tixotrópicas presentan altas viscosidades, aunque esta afirmación debe ser matizada en el caso de las colas. En las que tendríamos que hablar de alto *tack* o alta pegajosidad inicial (alta adhesión), como respuesta a su comportamiento tixotrópico. Así mismo en este tipo de sustancias, la viscosidad puede variar fuertemente con el pH, para una misma concentración⁶³¹.

Resumiendo, en los tratamientos de adhesión, interesa que la sustancia aplicada tenga un grado de viscosidad alto para que quede localizada en un punto concreto y no sobrepase las áreas a tratar manchando zonas contiguas. Por el contrario, en los tratamientos de consolidación, la sustancia aplicada debe ser poco viscosa (Fig. 164-165).

Puesto que el consolidante, además de mojar y adaptarse a las irregularidades de la superficie, como en una intervención de adhesión, deberá fluir rápidamente y ser capaz de penetrar el sólido de forma homogénea, a través de los poros y craquelados, hasta el estrato sano⁶³². Lo anteriormente señalado, es una condición más exigente que en el caso de los adhesivos. No obstante, los grosores que tendrá que atravesar nuestra sustancia consolidante serán, generalmente, del orden de micras.

6.2.1.4. El consolidante debe penetrar hasta al estrato sano:

Puede decirse, que un estrato pictórico mate o una capa con un cierto grado de falta de cohesión, no son más que sólidos porosos elaborados a partir de fibras, partículas de pigmento, cargas y una baja o nula cantidad de aglutinante. Los poros de estos sólidos, pueden tener formas variadas según

sólidas en términos de penetración a través de un material poroso. MICHALSKI, S., *Op. cit.*, p. 30.

⁶³¹ *Ibid.*, p. 84. Fenómeno relacionado con las repulsiones iónicas capaces de provocar el enrollamiento y desenrollamiento de las moléculas. En las colas, la viscosidad se alcanza con un pH 4,5-5, de modo que su ajuste favorecerá la penetración. MASSCHELEIN-KLEINER. *Op. cit.*, pp. 68-70.

⁶³² A menor viscosidad, mayor penetración y mayor rapidez de extensión. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 340. VV.AA. *Science for Conservators, Op. cit.*, pp. 123-125.

los materiales constitutivos, presentando incluso una red de grietas y craquelados. Estos, además de tener unas particularidades concretas, formarán sistemas con distinto grado de comunicación, entre sí o con la parte más superficial y/o profunda del estrato, afectando a la penetración del consolidante⁶³³.

La **penetración**⁶³⁴, variable muy importante en los tratamientos de consolidación, depende de las interacciones sólido-líquido, de la viscosidad y movimiento de la sustancia adhesiva, así como de la presión ejercida al depositarla y de la porosidad del sustrato.

A fin de explicar este complejo fenómeno, nos centraremos fundamentalmente en el modelo físico desarrollado y expuesto en 2006 por Michalski en el *Terzo congresso internazionale Colore e Conservazione*, CESMAR7⁶³⁵. Aunque antes, es necesario recordar algunos conceptos expuestos previamente respecto a los fenómenos de superficie⁶³⁶ (Fig. 166):

En primer lugar, señalar que un líquido es capaz de mojar a un sólido, si este forma un ángulo menor a 90° (menisco cóncavo en el capilar), aunque en las intervenciones de consolidación, obtendremos un buen nivel de mojabilidad con ángulos cercanos a 0° (ver Fig. 166). No obstante, para Buzzegoli,

⁶³³ MICHALSKI, S. *Op. cit.*, pp. 27-29. MASSCHELEIN-KLEINER. *Op. cit.*, p. 34. Las grietas son pequeñas hendiduras en las que una de sus dimensiones es muy inferior a las otras dos. Los poros son conductos con pequeños diámetros: poro capilar (diámetro del orden de 103 Ångström), macroporos (mayor a 200 Å), microporos (inferior a 15 Å), mesoporos (entre ambos). SAN ANDRÉS MOYA, M., DE LA VIÑA FERRER, S. *Op. cit.*, p. 279.

⁶³⁴ **Porosidad**: porcentaje de espacio de poros en el volumen total de un material. La **ecuación de Washburn**, asume que todos los poros son cilíndricos, y aunque no lo son, proporciona una representación práctica de su distribución, de gran utilidad a fin de calcular su estructura. Mediante cálculos realizados con Porosimetría de mercurio y la aplicación de dicha ecuación, se pueden calcular las medidas del diámetro de un poro. $D = -(1/P)4\gamma \cos \Theta$. Donde, D: Diámetro del poro, P: Presión absoluta aplicada, γ : Tensión superficial del mercurio, Θ : Ángulo de contacto entre el mercurio y la muestra. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 288. VV.AA. *Op. cit.*, p. 124-127. Cfr. BARRERA BUCIO, M. *Estudio experimental del comportamiento hidro-mecánico de suelos colapsables*. [Tesis en línea]. Barcelona: UPC, 2002. <www.tesis...>. [Consulta: 23/03/09]. Cfr. IESMAT. [En línea]. <www2.iesmat>. ©2007 Iesmat S.A. [Consulta: 23/03/09].

⁶³⁵ Algunas partes relativas a este modelo fueron publicadas por este autor en 1984, 1990, 1991 y 1997. MICHALSKI, S. *Op. cit.*, pp. 27-29.

⁶³⁶ El desplazamiento de los líquidos se explica mediante los fenómenos superficiales y la mecánica de fluidos.

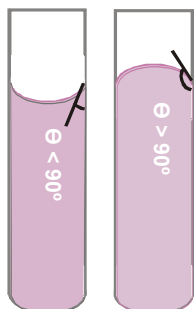


Fig. 166. Mojabilidad capilar. Masschelein-Kleiner.

Landi y Minotti, cuanto más elevada es la tensión superficial del solvente (agua) y mayor el ángulo formado, menor es la superficie de contacto en un soporte poroso, pero mayor será su penetración. Por el contrario, cuanto menor es la tensión superficial del solvente (solventes orgánicos), mayor la superficie de contacto y menor penetración. Así mismo, se dice que, a mayor porosidad, mayor penetración⁶³⁷.

En la Tabla 28, podemos observar la influencia del ángulo de contacto sobre la mojabilidad, difusión y ascenso capilar. De esta forma, bajas viscosidades de consolidante darán penetraciones mayores (punto 6.2.1.3).

Tabla. 28. Influencia del ángulo de contacto, según Cremonesi.

θ	$<90^\circ$	$>90^\circ$
Mojabilidad	Buena	Escasa
Difusión	Escaso	Fuerte
Ascenso capilar	Escaso	Fuerte

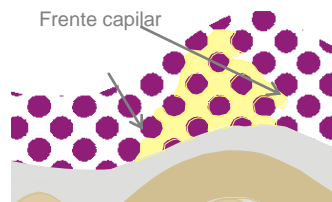


Fig. 167. Frente capilar.

Sin embargo, la extensión que alcanzará esta sustancia a través de una superficie irregular, tiene que ver con un fenómeno de superficie relacionado con la tensión superficial, denominado **capilaridad** (Fig. 167)⁶³⁸. Vocablo, a su vez, definido como la cualidad que tiene una sustancia para absorber un líquido⁶³⁹.

⁶³⁷ Desarrollo de un modelo de visualización del fenómeno de la penetración de un consolidante en un material poroso, teniendo en cuenta la difusión y ascensión capilar. Cfr. BUZZEGOLI, E., LANDI, L., MINOTTI, D. "Fenomeni di diffusione, in supporto poroso, di materiali utilizzati per il consolidamento in opere di pittura". *L'Attenzione alle superficie. CESMAR7*. Padova: Il Prato, 2008, pp. 84. Michalski aplica en su modelo, un valor de tensión superficial medio para los disolventes orgánicos de ~25N/m. MICHALSKI, S., *Op. cit.*, p. 29.

⁶³⁸ *Ibidem*. VV.AA. *Science for conservators. Op. cit.*, pp. 126-127.

⁶³⁹ **Ley de Jurin:** la altura a la que un líquido se eleva en un capilar, varía en razón inversa al radio del tubo al nivel en el que se detiene, y en proporción

Su circulación, a través de la reticulación de poros, responde normalmente, según San Andrés y De la Viña, a un régimen turbulento, debido a la presencia de obstáculos y rugosidades en las paredes de dichos conductos. Esto hace que se produzcan cambios en la dirección del desplazamiento del líquido, que aparezcan turbulencias, y que aumente el riesgo de disgregación y disolución de estas paredes⁶⁴⁰. Al respecto, Masschelein-Kleiner, señala que la adsorción desempeña un papel determinado en la progresión de los solventes en el interior de un cuerpo poroso, explicando este proceso mediante un esquema en seis pasos (Fig. 168)⁶⁴¹:

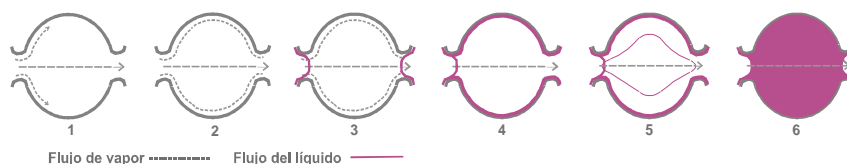


Fig. 168. Progresión de los solventes en el interior de un cuerpo poroso según Masschelein-Kleiner.

En un primer momento, se produce una migración del vapor y una adsorción sobre las paredes de los poros, siendo el estrato monomolecular. Apenas las paredes están saturadas, el vapor pasa libremente y el líquido comienza, en ese momento, a condensarse en la zona del estrangulamiento del poro y es adsorbido por las paredes de la cavidad (2-4). En quinto y sexto lugar, el líquido empieza a fluir sobre las paredes, rellenando finalmente toda la cavidad⁶⁴².

directa a la tensión superficial. $h = 2A/rqg$, donde, h: altura de la migración capilar, A: tensión superficial, q: densidad, r: radio capilar y g: aceleración de gravedad (981 cm/s^2). A menor diámetro del capilar, mayor altura de la migración en un sólido poroso. MASSCHELEIN-KLEINER. *Les solvants. Op. cit.*, pp. 22-24.

⁶⁴⁰ SAN ANDRÉS MOYA, M., DE LA VIÑA FERRER, S. *Op. cit.*, p. 330.

⁶⁴¹ **Adsorción:** fenómeno físico o químico en el que intervienen diferentes fuerzas de atracción, por el que sustancias líquidas, sólidas o gaseosas quedan fijadas a la superficie de algunos sólidos o líquidos sin que se produzca la formación de compuestos químicos definitivos. Cuando un consolidante atraviesa un material poroso, un estrato incoherente de moléculas será adsorbido por la superficie. MICHALSKI, S., *Op. cit.*, p. 33. MASSCHELEIN-KLEINER. *Op. cit.*, pp. 25-27.

⁶⁴² En los líquidos, la adsorción es esencialmente química y el estrato adsorbido (sólido), es monomolecular (espesor de una única molécula). El líquido se desplaza bajo forma de vapor desde los puntos con mayor tensión de vapor a los puntos donde ésta es menor, hasta alcanzar un equilibrio. La condensación

EC: 7

$$P_c = 4\gamma \cos\theta / d_c$$

Donde:

P_c: Presión capilar.

γ: Tensión superficial.

θ: Ángulo contacto.

d_c: Diámetro capilar.

El Principio Fundamental de Hidrostática dice que dichas sustancias ejercerán una determinada presión capilar (P_c) según la densidad del líquido y de su altura. Presión que según el Principio de Pascal, se transmitirá por igual a todos los poros y fisuras, pudiendo causar levantamientos en zonas diferentes, si es excesiva (EC: 7)⁶⁴³.

Así mismo, en el interior de este reticulado, se da un fenómeno de competición capilar entre poros de distinto tamaño. Si la cantidad de líquido es limitada, los poros pequeños tienden a atraer el líquido contenido en los poros circundantes más grandes. De idéntica forma, los poros cercanos a un craquelado pueden absorber todo el líquido contenido en su interior. Además, si el craquelado es ahusado, la parte más estrecha tenderá a atraer el líquido procedente de la parte más larga⁶⁴⁴. La velocidad con la que un frente capilar atraviesa el sólido poroso está determinada por el equilibrio entre dos fuerzas: la mojabilidad de los poros secos por los que transita el líquido y la resistencia al flujo de los poros mojados. De modo que cuando la fuerza tirante es constante, la velocidad de la capilaridad disminuye con la penetración, mientras la resistencia aumenta con su incremento.

Según el modelo experimental de Michalski, el tiempo (t) que tarda un consolidante en atravesar un estrato pulverulento, depende de su grosor y de la relación entre la viscosidad de la sustancia (η) y el diámetro (d) de las partículas que lo conforman. Si el estrato tiene una granulometría media de ~1 μm diámetro de partícula y ~0,2 μm de diámetro del tubo capilar, y vamos a emplear etanol (viscosidad de ~1 mPas), obtenemos una relación viscosidad/diámetro de partícula de 1/1 = 1 y de 1/0,2= 5 en términos de diámetro del poro. Esto significa que el frente capilar, tardará 0,01s en atravesar 100 μm y 1s 1 mm⁶⁴⁵.

provoca un calentamiento en las zonas frías y la evaporación, un enfriamiento de las superficies donde la tensión de vapor era mayor. *Ibid.*, pp. 26-27.

⁶⁴³ EC: 8. **Densidad (p)= m/v**. Donde, m: Masa y v: Volumen. **Principio de Pascal:** "La presión aplicada a un líquido encerrado dentro de un recipiente se transmite por igual a todos los puntos del líquido y a las propias paredes del mismo". *Ibid.*, pp. 280-288.

⁶⁴⁴ MICHALSKI, S., *Op. cit.*, p. 31.

⁶⁴⁵ Donde: η/d_p relación viscosidad/diámetro de las partículas del estrato pulverulento y η/d_c: relación entre viscosidad/diámetro del tubo capilar. El tiempo se multiplicará por 10 si la granulometría es fina. *Ibid.*, pp. 27-31 y 45.

La primera tabla (Tabla 29), refleja los diámetros de los materiales pictóricos, junto a la presión de capilaridad ejercida.

Tabla. 29. Tamaño de partículas, poros y presión de capilaridad, según Michalski.

Tipo de material	Diámetro partícula-fibra (~ μm)	Diámetro poro (~ μm)	Presión de capilaridad (kPa)	Presión capilaridad como fracción de vacío total
Pigmento fino	~0,1	~0,02	~5000	Sobre 1
Pigmento medio	~1	~0,2	~500	Sobre 1
Pigmento grueso	~10	~2	~50	~0,5
Hilos lino	~20	~5	~20	~0,2
Grietas finas	-	10-100	~(10-1)	~(0,1-0,01)

Fig. 30. Dimensión partículas polímeros, según CTS, Borgioli y Cremonesi.

Producto	Composición	\varnothing partículas
Emulsiones	varias	0,1-10Å (micelas), 0,1-0,3 μ
Plextol® B500	Resina acrílica. PM: alrededor 100.000 uma en dispersión acuosa.	100-1000 nm (0,1-1 μ)
Acril® 33		150 nm (0,15 μ)
Acril® ME	Microemulsión acrílica	50 nm (0,05 μ)
Akeogard ME	Elastómero fluorado. PM: 300.000 um., en microemulsión acuosa	20 nm (0,02 μ)
Fluoline HY	Elastómero fluorado. PM: 400.000 um., en solución solvente.	10 nm (0,01 μ)
Disoluciones	Polímeros en solvente	0,1-10Å o 0,001 μ Alto PM (5.000.000 uma): 0,2-0,3 μ Alto PM hidrosolubles (7.000.000 uma): 0,5 μ

Tabla. 31. Tamaño de partículas nebulizador, spray o nebulizador neumático. Dignard y Michalski.

Instrumento	\varnothing partícula (~ μm)
Nebulizador ultrasonidos	~1-10
Spray	~10-100
Nebulizador neumático	~10-300

La segunda y tercera tabla (30-31), recogen tanto la dimensión de las partículas de polímeros empleados en intervenciones de consolidación, como de aquellos aplicados mediante nebulizador o *spray*. La velocidad capilar que se observa al inicio de la aplicación de una solución de baja viscosidad puede resultar engañosa, ya que para que se produzca una penetración 10 veces mayor, será necesario un tiempo 100

veces más largo, según un efecto exponencial al cuadrado. Además, si la concentración de la solución aumenta 5 veces a causa de la evaporación del disolvente, la penetración se reducirá en un factor de 100, e incluso mayor, y se detendrá por completo.

El estudio del fenómeno de capilaridad en una pintura craquelada y/o con levantamientos, junto a la red formada entre ellos, resulta todavía más complejo. No obstante, Michalski, señala que puede hacerse una estimación usando el diámetro del poro de la tabla anterior para la largura del craquelado, aunque la velocidad de difusión del solvente en el interior de un film pictórico sólido no es correlativa a la velocidad del mismo solvente a través de los capilares (Fig. 169)⁶⁴⁶.

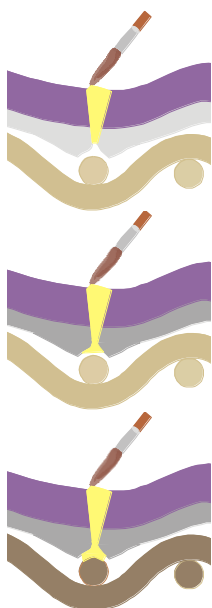


Fig. 169.
Capilaridad pintura
craquelada, según
Michalski.

Dicho autor, describe el proceso capilar en el interior de una pintura escamada y craquelada, con una preparación porosa de $0,2 \mu\text{m}$ y largas grietas de $\sim 30 \mu\text{m}$, tras la aplicación por el anverso de una solución de baja viscosidad ($\sim 3 \text{ mPas}$), de 10% Paraloid B-72 o cola muy diluida⁶⁴⁷, $\sim 0,1\text{s}$, después de que el pincel toque el craquelado, el consolidante descenderá en menos de $\sim 0,01\text{s}$, sin alcanzar la tela de lino.

En los craquelados de $\sim 30 \mu\text{m}$, recorre una rotura de 1 cm en $\sim 1\text{s}$. La preparación (en gris), será bañada unas $\sim 300 \mu\text{m}$ hacia los lados del craquelado, en $0,1 \text{ s}$. Si el pincel tiene suficiente solución, el craquelado se llenará lateralmente, llegando a fluir por debajo del craquelado. De modo que, $\sim 1 \text{ mm}$ de la preparación será bañada en 1s y $\sim 3 \text{ mm}$ en 10 s (gris oscuro).

Si se aplica vacío, la solución consolidante migrará bajo la rotura en menos de $\sim 0,1\text{s}$, al estar el craquelado lleno lateralmente. $\sim 0,1\text{s}$ después de emparar el tejido de lino (marrón oscuro), su penetración será de 1mm o de 1 cm en $\sim 10\text{s}$. Si la succión continua, se corre el riesgo de que el exceso salga del fondo de la pintura.

Tras 10s desde el inicio, un disolvente con volatilidad media, habrá hinchado la pintura unos $\sim 10 \mu\text{m}$, o $100 \mu\text{m}$ para solventes con alta volatilidad.

⁶⁴⁶ Durante la consolidación con solventes orgánicos, el film pictórico sólido tiende a hincharse y hacerse mórvido, pudiendo perder compuestos al lixiviarse. *Ibid.*, pp. 27-31.

⁶⁴⁷ Al usar consolidantes más viscosos los tiempos aumentan en proporción. *Ibid.*, p. 33.

Podemos decir que la presión incrementa la fluencia de la sustancia aplicada. Sin embargo, según las fuentes, el vacío influenciará sólo el movimiento del líquido si la presión capilar es menor que la presión de vacío por aspiración (ver valores de presión capilar en la tabla anterior). Es decir, facilitará el flujo del líquido en caso de que los poros presenten una presión capilar por debajo de 1 atmósfera (100 kPa), y su penetración en materiales con poros mayores a $\sim 2 \mu\text{m}$, (papel, textiles, craquelados finos, pigmentos con granulometría media o grande)⁶⁴⁸, lo que limita su uso en estratos con pigmentos de inferior diámetro.

Aparte de las exigencias anteriores, la penetración puede verse coartada por otra serie de factores, como serían los consolidantes empleados. Nos referimos no sólo a aquellos con baja mojabilidad o viscosidad alta, si no a aquellos que contengan disolventes muy volátiles o sean aplicados tras superar su temperatura de aplicación⁶⁴⁹. A su vez, tendrán problemas de penetración, en los estratos con pigmentos de grosor fino a medio, las emulsiones sintéticas debido al tamaño de sus micelas (PVA $\sim 1 \mu\text{m}$), y las soluciones diluidas en las que por diversos factores, se produzca la formación de “agrupaciones micelares” (ver tablas anteriores)⁶⁵⁰.

De ahí, que pueda afirmarse, que la penetración de estratos preparatorios y pictóricos realizados con pigmentos y cargas de granulometría fina a media, será solo posible mediante el uso de polímeros con bajo a medio peso molecular. O a través de su nebulización por ultrasonidos.

⁶⁴⁸ Michalski (1984) elaboró el modelo físico de flujo de un líquido favorecido por la aspiración en el interior de un material gráfico y textil. *Ibid.*, pp. 31-32.

⁶⁴⁹ Cuanto más volátil sea el solvente, menor tiempo de penetración y menor la profundidad alcanzada. Las disoluciones comerciales suelen contener disolventes menos puros de menor volatilidad. BUZZEGOLI, E., LANDI, L., MINOTTI, D. *Op. cit.*, p. 85. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 67-70.

⁶⁵⁰ Las investigaciones realizadas por Vold y Chaveteau en los 80, señalan que en este último tipo de soluciones, las moléculas de cadena flexible son capaces de formar esferas hinchadas. De modo que, un polímero de cadena lineal con alto peso molecular ($\sim 5\text{M}$) alcanzará un diámetro de $\sim 0,2 \mu\text{m}$ a $\sim 0,3 \mu\text{m}$, al ser preparado con un solvente con un bajo o alto poder de solubilización, respectivamente. En las resinas solubles en agua, también pueden formarse estas micelas. Por ejemplo, una cadena polimérica con un peso molecular similar ($7,5\text{M}$), alcanzará un tamaño que oscilará las $\sim 0,5 \mu\text{m}$. Michalski señala que ciertos polímeros, como los derivados de la celulosa, pueden reagruparse superando el tamaño de una molécula esférica simple, aún tratándose de soluciones muy diluidas. MICHALSKI, S., *Op. cit.*, p. 33.

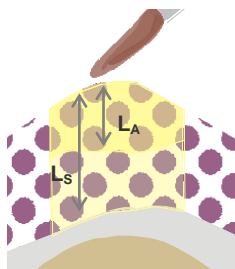


Fig. 170. Absorción de consolidante en un estrato poroso Michalski.

En aquellos materiales con poros mayores a $\sim 10 \mu\text{m}$ (fibras lino, papel, corte transversal materiales lúgneos o la mayoría de los craquelados), la penetración de sustancias con macromoléculas mayores no parece plantear ningún problema. Sin embargo, si la resina está disponible en varios pesos moleculares, su selección será determinante en el resultado. No obstante, todo se complica debido al fenómeno de adsorción, definido anteriormente. Por un lado, porque los estratos de adsorción pueden añadir a las partículas de las sustancias adhesivas aplicadas, un espesor de

hasta $\sim 0,1 \mu\text{m}$. Y por otro, porque aunque aparentemente el estrato tratado haya quedado embebido en la sustancia consolidante (L_S), puede que el soluto polimérico no recorra la misma distancia (L_A). Esto ocurre a causa de la denominada separación por adsorción cromatográfica, conforme a las pesquisas de Domasloswki y Michalski, representadas en el gráfico de la izquierda publicado por este último autor⁶⁵¹. Por tanto, el uso de una solución diluida, aunque reduzca la viscosidad, no garantiza una distribución uniforme de la sustancia adhesiva, tal y como muestra la Fig. 170⁶⁵².

Existe una estrecha relación entre la concentración y la distancia recorrida por el soluto. Sin embargo, para Michalski, el mejor modo de predecir la adsorción de un consolidante, no se halla en el estudio de la interacción partícula-polímero, si no en aquella que analiza la relación partícula-solvente, planteando como solución al problema la selección del disolvente y su capacidad eluente⁶⁵³. Parámetros que este autor y Dignard, están

⁶⁵¹ Domaslowski publicó en el 87 un trabajo sobre la adsorción cromatográfica en consolidación de material pétreo. Michalski lo considera el único estudio sistemático en este campo hasta la fecha. *Ibid.*, pp. 33-34.

⁶⁵² La proporción entre la distancia recorrida por el polímero adsorbido (L_A) y la alcanzada por el solvente (L_S), se denomina en cromatografía como R_f . Empleando un valor medio para el peso del polímero adsorbido a través de las partículas, dicho investigador plantea una ecuación para el valor de R_f , como una función de la concentración de la solución y de las dimensiones de las partículas, como puede apreciarse en el diagrama. Una solución al $\sim 1\%$ sobre un material con partículas de $\sim 1 \mu\text{m}$ recorrerá sólo la mitad de la distancia recorrida por el solvente ($R_f = 0,5$), si esta es adsorbida. *Ibid.*, pp. 34 y 46.

⁶⁵³ En cromatografía líquida, se denomina fuerza eluente, a la capacidad del solvente de remover el polímero adsorbido de las partículas. *Ibid.*, p. 33.

actualmente analizando con motivo de elaborar una clasificación para los consolidantes empleados en restauración.

6.2.2. Proceso de secado y curado de los adhesivos:

En las intervenciones de estabilización, empleamos fundamentalmente disoluciones y dispersiones coloidales en forma líquida. No obstante, en casos determinados, se adoptan otras vías como los aerosoles, o las aplicaciones sólidas reactivadas con calor o solventes (ver C.7).

Debido a que los polímeros utilizados son sustancias filmógenas, formarán tras su aplicación, un estrato sólido, homogéneo y continuo. Es decir, pasarán de un líquido móvil a un sólido estático tras el curado. Si bien, en un determinado punto, previo al secado, dejarán de fluir, adaptándose a las irregularidades gracias a su estado de geles o sólidos hinchados con solvente⁶⁵⁴.

Siguiendo estas ideas, a continuación trataremos brevemente sobre el mecanismo de evaporación para centrarnos en las principales características de dichas sustancias en cuanto a su mecanismo de curado. Esto es, de los polímeros en disolución, dispersiones coloidales y resinas termofusibles.

6.2.2.1. Evaporación y secado:

El cambio de estado de una sustancia de líquido a sólido puede responder a un proceso físico o físico-químico, aunque en nuestro caso nos interesan los mecanismos físicos de secado, responsables de la **evaporación** del disolvente o el medio de dispersión de la resina aplicada⁶⁵⁵.

Este fenómeno, viene a regular el tiempo de actuación de la mezcla aplicada, afectando pues, al tiempo de trabajo; el cual depende de factores diversos, como la volatilidad del disolvente y las propiedades del soluto, junto a algunos ya comentados en páginas anteriores, como las propiedades de la

⁶⁵⁴ Las macromoléculas de las sustancias filmógenas se disponen de forma perpendicular u oblicua sobre superficie del sustrato. BORGIOLI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 65. MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 269.

⁶⁵⁵ Transformación química de algunos de sus componentes y la variación del estado físico: reacciones oxidación y polimerización. SAN ANDRÉS MOYA, M., DE LA VIÑA FERRER, S. *Op. cit.*, p. 337.

superficie del sólido y las condiciones ambientales que rodean la aplicación (temperatura, humedad, flujo de aire)⁶⁵⁶.

La **volatilidad** del disolvente se define como la tendencia de una sustancia a pasar de estado vapor a temperatura ambiente, según tres parámetros: la presión de vapor (P_v), el punto de ebullición (P_{eb}) y el calor latente de vaporización (L_v), (Tabla 32)⁶⁵⁷. Así, cuanto mayor sea el valor de la P_v , y menores la T_{eb} y la L_v , mayor la volatilidad de la sustancia empleada⁶⁵⁸.

Tabla. 32. Parámetros que afectan a la volatilidad. Masschelein-Kleiner.

Solvente	P_v, (Mm Hg) a 20°C	T_{eb} (°C)	L_v (Cal/g)
Agua	17,5	100	540
Etanol	40	78	204,3
Acetona	178	56,2	125,3
Ligroína	350 (hPa)	30-65	-
Tolueno	37	110,6	83

Con la evaporación aumenta la viscosidad del adhesivo, pues esta no depende tanto de su volatilidad, sino de la velocidad con la que la cadena polimérica forma un film sólido, que es mayor cuanto más alta la T_g del polímero⁶⁵⁹.

El secado también está influido por la **retención** del solvente en el interior del estrato pictórico, a su vez determinada por la volatilidad y capacidad de

⁶⁵⁶ *Ibidem*. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.* (Ed. 1994), p. 126.

⁶⁵⁷ **Presión de vapor de equilibrio, P_v** : propiedad característica de los líquidos que se define como la presión ejercida por un vapor en equilibrio con la fase sólida de la misma sustancia, a una temperatura determinada. Depende de la naturaleza de la sustancia y de la temperatura (favorece la evaporación, provoca un aumento de la P_v), de forma que cuanto mayor sea este valor, mayor la volatilidad. **Temperatura de ebullición, T_{eb}** : propiedad física definida como la temperatura en la que la presión de vapor del líquido se iguala a la presión atmosférica, aumentando con su ascenso) Según la T_{eb} los disolventes se clasifican en: volátiles (<100°C), medios (100-150°C) y poco volátiles (>150°C). **Calor latente de evaporación L_v** : cantidad de calor que hay que comunicar a un gramo de un líquido para que pase a estado de vapor, a temperatura constante. Este valor se expresa en: cal/g o cal/mol, variando con la presión atmosférica y la naturaleza de la sustancia. De modo que cuanto menor sea el valor, mayor la rapidez de evaporación. *Ibid.*, pp. 337-342. MASSCHELEIN-KLEINER: *Les solvants. Op. cit.*, pp. 30-46.

⁶⁵⁸ SAN ANDRÉS MOYA, M., DE LA VIÑA FERRER, S. *Op. cit.*, pp. 338-343.

⁶⁵⁹ Cfr. COLOMBO, A. "La Calorimetria a Scansione Differenziale (DSC)". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso CESMAR7 2006. Saonara: Il Prato, 2008, p. 125. Ver punto 6.2.3: definición de T_g .

penetración del disolvente (afectada por la viscosidad y la tensión superficial), la adsorción ejercida por la superficie sólida y la difusión de las moléculas del disolvente a través del material sólido⁶⁶⁰. Disolventes como el agua, el etanol y acetona, tendrían según la curva de Masschelein-Kleiner una retención media⁶⁶¹.

Hansen Newman y Nunn, Dauchot y De Nitte, Shoeller y Jones, son algunos de los muchos autores que han centrado sus esfuerzos en el estudio del **secado** de los estratos pictóricos, estableciendo las bases para el estudio de este proceso. No obstante, por su especificidad y actualidad, seguiremos los trabajos realizados por Michalski como investigador del CCI, en cuanto al secado de los materiales porosos⁶⁶², el cual define el proceso de secado en cuatro áreas diferenciadas:

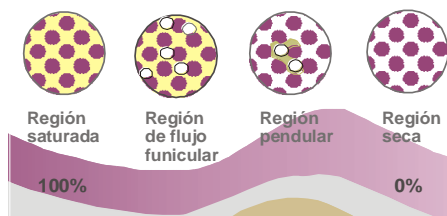


Fig. 171. Áreas de secado de un cuerpo poroso, según Michalski.

En la primera, denominada área saturada, el líquido rellena todos los poros (saturación al 100%). A esta le sigue el área funicular, en la que, aunque los poros de mayor tamaño están vacíos, el líquido fluye a través del resto de poros (entre el 10% y 30% de saturación), (Fig. 171).

⁶⁶⁰ **Adsorción** (ver punto 6.2.1.4). **Difusión**: proceso irreversible sujeto a la Ley de Fick, según el cual las partículas difundidas penetran en un medio ausente inicialmente, aumentando la entropía del sistema o conjunto formado por el soluto (partículas difundidas) y el disolvente (medio donde se difunden). De forma que la membrana permeable puede permitir el paso de dicho sistema siempre a favor del gradiente de concentración, y cuya velocidad depende de la medida de las partículas migradas. Se puede controlar la difusión actuando sobre la tensión superficial y la viscosidad. *Ibid.*, pp. 279-305. VV.AA. *Op. Cit.*, pp. 122-124. MASSCHELEIN-KLEINER. *Op. cit.*, pp. 25-27.

⁶⁶¹ La curva de Masschelein-Kleiner se emplea para determinar experimentalmente la medida entre la evaporación y la retención de los disolventes en los estratos pictóricos. Concretamente, la curva de evaporación de los solventes de retención media tiene dos fases, una rápida y una lenta: La primera dura de 30 minutos a 4 horas, comenzando la segunda cuando resta del 2 al 3% de la cantidad inicial de solvente. *Ibid.*, pp. 44-46.

⁶⁶² *Ibid.*, pp. 37-38. MICHALSKI, S. *Op. cit.*, p. 34.

En la tercera o área pendular, quedan algunos restos aislados de líquido en los poros y ya no existe fluencia (saturación menor a la anterior). Finalmente, en el área seca, los vapores de solvente se difunden a través de los poros vacíos mientras proceden a través de la superficie. De ahí, que se deduzca, que el área límite de fluencia de un líquido corresponde al área pendular. A fin de identificar esta área, así como entender el esquema de movimiento de un líquido durante el secado en diversos materiales, este investigador deriva una ecuación plasmando los resultados en varios diagramas⁶⁶³.

Tabla. 33. Tasa de evaporación, viscosidad y su producto según Michalski.

Solución	Tasa evaporación (Q_E) (nm/s)	Viscosidad (mPas)	Q_E - P_m P_a
Evaporación ralentizada	<~3?	-	<~3?
Dietilbenceno DEB	~3? (valor estimado)	0,7	~3?
Mineral Spirits, WS	~16	1	~16
Agua	~30	1	~30
Xileno	~70	0,8	~56
Etanol	~140	1	~140
Acetona	~600	0,3	~180
10% B72 etanol	~140	~3	~420
0,5% MC 400 en agua	~30	~300	~9000
40% B72 xileno	~70	~1000	~70000

Así, emplea la proporción del diámetro de las partículas junto a valores como la tasa de evaporación del solvente (Q_E) y la viscosidad de la solución (η). Si aplicamos agua sobre un estrato pulverulento con partículas de ~1µm, la región de flujo funicular será de ~2 µm. Si es de ~ 15µm como las fibras de lino, será de ~3 cm, alcanzando ~20cm para poros de ~20 µm

(Tabla 33)⁶⁶⁴.

⁶⁶³Los valores corresponden a condiciones ambientales estándar. Para obtener mayor información sobre su obtención, o sobre el planteamiento y desarrollo de la ecuación empleada por Michalski para el cálculo del área funicular durante el secado, consultar: MICHALSKI, S. *Op. cit.*, p. 35, 41-42, 47.

⁶⁶⁴ Los cálculos disminuyen en un factor de 10-100 si la solución es viscosa, o si el solvente es más volátil que el agua (durante la fase de secado, el objeto desarrollará un límite estrecho entre la zona mojada y la seca), incrementándose de 10 a 100 veces si el solvente es de evaporación muy lenta, o si viene reducida por el uso de alguna barrera física. *Ibid.*, pp. 35-36.

En la mayoría de las consolidaciones, el estrato seca como un estadio de saturación casi uniforme, incluso al reducir la tasa de evaporación y aplicar soluciones de viscosidad baja para mejorar la penetración inicial. Cuando el secado es acelerado con aire caliente o mediante una sustancia viscosa, podrá desarrollarse una muy estrecha frontera entre la zona mojada y seca, capaz de retirarse hacia el interior del objeto. Esto, reducirá la migración pero creará un estrés bajo forma de craquelados y levantamientos.

Decíamos a principio de este punto, que tras el proceso de curado, las sustancias filmógenas alcanzan un estado sólido estático garantizando la estabilidad del estrato tratado. Sin embargo, tras haber logrado la penetración del consolidante, puede producirse un complejo proceso de **migración** durante el secado⁶⁶⁵.

Michalski, habla de migración retorno del consolidante y de migración de retorno, trámite la retro-evaporación. El primer tipo se da si el estrato se seca por estadios. Comportándose como una esponja estrujada, la solución fluye por capilaridad hacia la superficie depositando el polímero en su proximidad, hasta que no termina el estadio funicular. Esta migración constituye un grave problema, dado que la parte superior tendría una mayor cohesión que la inferior⁶⁶⁶. Respecto al segundo, puede darse el riesgo de que el consolidante quede depositado en el reverso del estrato consolidado, al emplear una barrera para reducir la evaporación sobre la superficie anterior (la evaporación se produce en el reverso del estrato consolidado), cosa que puede ser o no deseable⁶⁶⁷.

El mecanismo curado implica una reducción del volumen del adhesivo. Todo estrés producido durante el mismo, afectará también a las partículas o estratos embebidos con el polímero (ej. una excesiva evaporación del disolvente), produciéndose una reducción de la resistencia y durabilidad de la unión adhesiva. Por tanto, la cantidad de solvente aplicado deberá ser la adecuada sobre todo en las disoluciones, ya que en exceso, favorecerá la retracción y contracción del volumen durante el secado, y con ello, la disminución de la adhesividad⁶⁶⁸.

⁶⁶⁵ BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 65. MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 269. MICHALSKI, S. *Op. cit.*, pp. 33-38.

⁶⁶⁶ Problema en estratos muy porosos y/o pulverulentos.

⁶⁶⁷ MICHALSKI, S. *Op. cit.*, p. 37.

⁶⁶⁸ El secado y el estrés pueden ser reducidos con una Tg cercana a la temperatura ambiental. La contracción de la cola con el secado es proporcional a

6.2.2.2. Polímeros en disolución:

Pertencen a este grupo los polímeros obtenidos a partir de una resina y un disolvente afín, según su polaridad⁶⁶⁹. Pueden presentar base acuosa (Aquazol® 200 en agua) o disolvente (Paraloid® B-72 en acetona), en la que las partículas disueltas, iones, moléculas o pequeños agregados moleculares, tienen tamaños muy pequeños de 0,1-10Å o 0,001μ de diámetro. Forman mezclas homogéneas transparentes en una sola fase y el curado se da por evaporación del solvente (el polímero que da la adhesión ya existe en la disolución), quedando depositado un estrato continuo de material sólido en el que pueden formarse huecos y defectos en la interfase (Fig. 172)⁶⁷⁰. El tipo y la cantidad de solvente afecta a la función aplicativa.

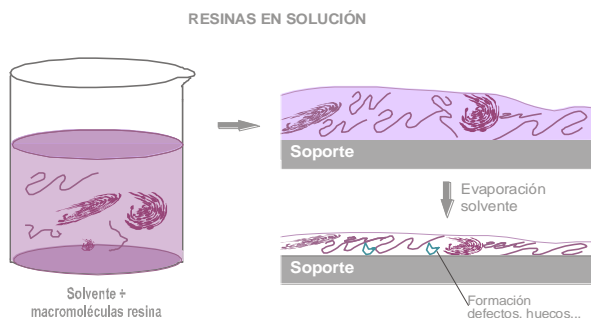


Fig. 172. Aplicación y curado de polímeros en solución. Borgioli y Cremonesi.

Esto puede influir en la velocidad de evaporación, grado de retención del polímero y retracción, influenciando la formación del film, sus propiedades ópticas, mecánicas y adhesivas⁶⁷¹.

la cantidad de agua usada en la solución. HORIE, C.V. *Op. cit.*, pp. 73-74. MASSCHELEIN-KLEINER, L. *Op. cit.*, pp. 68-70. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 66-67.

⁶⁶⁹ **Disolución:** mezcla homogénea de moléculas, iones o átomos de dos o más sustancias que no reaccionan entre sí. Formadas por una fase dispersa o soluto (sustancia que se disuelve y que cambia de estado físico) y un medio dispersante o solvente (no cambia de estado físico), en mayor cantidad. Las partículas disueltas no pueden visualizarse. Si el solvente empleado no disuelve completamente al polímero, se produce un sistema heterogéneo en dos fases, similar a la de una dispersión coloidal. SAN ANDRÉS MOYA, M., DE LA VIÑA FERRER, S. *Op. cit.*, pp. 89-92. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 22, 66-70.

⁶⁷⁰ AENOR. *UNE-EN 923. Adhesivos términos y definiciones*. Madrid: AENOR, 2006, p.7. MARTÍN MARTÍNEZ, J.M., MARTÍN REY, S. *Op. cit.*, p. 83. *Ibidem*.

⁶⁷¹Disoluciones de Paraloid® B-72 en acetona o xileno a una misma concentración, dan como resultado películas con variaciones de resistencia (el uso de acetona produjo la formación de *films* quebradizos). Cfr. WOLBERS, R. "Propietà Meccaniche a Breve Termine degli Adesivi: Effetto dei Solventi e dei

6.2.2.3. Polímeros en dispersión coloidal:

Se encuentran a caballo entre las mezclas homogéneas (disoluciones verdaderas) y heterogéneas (suspensiones), sin responder del todo a estas clasificaciones a causa de sus características (Tabla 34)⁶⁷².

Tabla. 34. Dispersiones según el estado físico de la fase dispersa y el medio. San Andrés *et Al*.

Sol	Dispersión de partículas sólidas	Ej. Cola animal en agua
Gel	Dispersión de un sólido en un líquido	Ej. Gelatina comestible
Emulsión	La fase dispersa y el medio de dispersión son líquidos	Ej. Mezcla de líquidos insolubles entre sí
Aerosol	Partículas sólidas o líquidas dispersas en el seno de un gas	Ej. Mezclas nebulizadas

Se trata de mezclas heterogéneas, formadas por dos fases sin separación, una dispersa y una dispersante. Las partículas dispersas, llamadas micelas o partículas coloidales, son grandes moléculas o agregados moleculares con tamaños de $10\text{-}10^3\text{Å}$, no disueltas en el medio⁶⁷³. Generalmente, el aspecto de las dispersiones coloidales es ligeramente turbio o lechoso, llegando a existir diferentes tipos dependiendo del estado físico de la fase dispersa y del

Plasticanti". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso CESMAR7 2006. Saonara: Il Prato, 2008, pp. 115-122.

⁶⁷² **Dispersión coloidal:** sistema físico-químico formado por dos fases, una continua normalmente fluida (fase dispersante) y otra dispersa en forma de partículas coloidales o *micelas* (fase dispersa). Estos grandes agregados moleculares formados por miles de átomos o moléculas, están unidos por fuertes interacciones de atracción y tienen tamaños del orden de $10\text{-}10^3\text{Å}$ o $10\text{nm}\text{-}10\mu$ o $0,001$ y $0,2 \mu$ (entre los de una disolución y una suspensión). Las partículas no son visibles a simple vista pero sí al microscopio electrónico, tienen la capacidad de difundir la luz visible (*Efecto Tyndall*), confiriendo a las dispersiones un aspecto lechoso o turbio, no pueden ser separadas por sedimentación ni filtración y poseen propiedades eléctricas, etc. Los *coloides* incluyen: emulsiones, suspensiones, agregados moleculares (*micelas*), soluciones macromoleculares (proteínas, ácidos nucleicos, polisacáridos, polímeros), sistemas biológicos (suspensiones de microorganismos, etc.). Un caso específico son las emulsiones: dispersiones de líquidos insolubles en otro líquido. Son inestables. En su estabilización se emplean surfactantes y coloides protectores. SAN ANDRÉS MOYA, M., DE LA VIÑA FERRER, S. *Op. cit.*, pp. 90-92. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 67-70. MASSCHELEIN-KLEINER, L. *Op. cit.*, p. 7.

⁶⁷³ Recordar el problema de filtración de las micelas en materiales con granulometría fina o media. MICHALSKI, S. *Op. cit.*, p. 33.

medio de dispersión⁶⁷⁴. Algunas de ellas podemos verlas en el cuadro anterior.

El mecanismo de formación de la película adhesiva a partir de dispersiones coloidales es más complejo que en el caso anterior. Al igual que ocurre en las disoluciones, el polímero que da la adhesión ya existe. Tras la aplicación, y tras iniciarse el proceso físico de evaporación del medio (el tiempo de secado dependerá de la velocidad de evaporación del disolvente y de la porosidad del sustrato sobre el que se aplica), debe producirse un segundo proceso físico llamado *coalescencia*. En el que las esferas de polímero, que contienen los agregados de las macromoléculas de resina, entran en contacto y se deforman formando una película continua (Fig. 173)⁶⁷⁵.

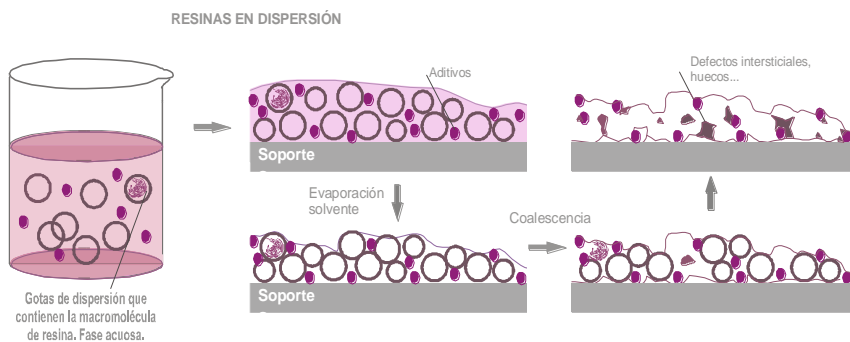


Fig. 173. Aplicación y curado de las resinas en dispersión. Borgioli y Cremonesi.

Se trata de un proceso muy complejo, en el cual interesa la total evaporación del medio (su permanencia podría desencadenar, en el caso del agua, un futuro ataque biológico), unido a la obtención de un estrato sin defectos,

⁶⁷⁴ Dentro de esta clasificación, encontramos resinas tan conocidas como el Plectol® B500, el Acril® 33 o el adhesivo Lascaux® HV360.

⁶⁷⁵ Existe una fase de evaporación rápida y otra más lenta de secado y adherencia definitiva. Para que se produzca la coalescencia, hay que tener en cuenta la Temperatura mínima de formación del film *MFT* (parámetro que caracteriza a las dispersiones) o temperatura crítica bajo la cual no hay coalescencia (alrededor de 10-15 °C), de forma que la película sólida de adhesivo formada no es uniforme y continua, lo que es un problema si se utilizan al exterior. HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 5. GONZÁLEZ, M^a L. *Op. cit.* MARTÍN MARTÍNEZ, J.M., MARTÍN REY, S. *Op. cit.*, p. 83. MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 283.

producidos por la presencia de aire atrapado entre la capa superficial seca y la todavía mordiente. Al respecto, Borgioli y Cremonesi apuestan por la activación mediante calor, a fin de obtener una película verdaderamente continua y homogénea⁶⁷⁶. Finalmente, tras el curado, las dispersiones forman cadenas lineales o ramificadas en dos dimensiones.

En la actualidad, los derivados de soluciones macromoleculares, como la gelatina (proteína), el almidón o la goma arábica (polisacáridos) y otros polímeros naturales (látex, colofonia, derivados celulósicos), se incluyen en la clasificación de sistemas coloidales debido a las características de las partículas dispersadas⁶⁷⁷. Si bien, estas sustancias poseen unas propiedades muy particulares que poco tienen que ver con las de las resinas sintéticas mencionadas anteriormente. Por ejemplo, en el agua, las largas moléculas lineales de gelatina forman micelas con partes cristalinas ordenadas, que se hinchan ilimitadamente sin disolverse, hacia la dispersión coloidal⁶⁷⁸.

Si recordamos lo expuesto en el capítulo 5, estas moléculas lineales dispuestas helicoidalmente, se iban desenrollando al aumentar la temperatura (no sobrepasar los 60°), pasando de un modo reversible, de una solución viscosa llamada *sol*, a un estado de sólido hinchado con líquido tras el enfriamiento, llamado *gel*⁶⁷⁹. Este es el mecanismo de curado de los adhesivos de proteínas y de algunos polisacáridos como el almidón. Es decir, mediante el enfriamiento del sol (disolución coloidal caliente), pasando por la gelificación y un segundo paso de endurecimiento con la evaporación del disolvente. Sin embargo, según las fuentes consultadas, en la formación de la unión adhesiva intervienen además de la evaporación del solvente, la formación de enlaces hidrógeno en un proceso de gran complejidad (interacciones físico-químicas)⁶⁸⁰.

⁶⁷⁶ En este supuesto, la adhesión se produciría también por enfriamiento BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 67-70. MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 277.

⁶⁷⁷ Una molécula simple de proteína o de almidón, puede considerarse como una partícula coloidal (sus masas moleculares pueden ser del orden de 10⁶ unidades). SAN ANDRÉS MOYA, M., DE LA VIÑA FERRER, S. *Op. cit.*, pp. 90-92. Cfr. UNIVERSIDAD DE SEVILLA. *Coloides: Generalidades*. [En línea]. <www1.us.es>. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2008. [Consulta: 24/01/09]

⁶⁷⁸ GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 133.

⁶⁷⁹ Las colas de peces no forman geles debido a su bajo peso molecular (vuelven al estado sólido por desecación). MASSCHELEIN-KLEINER, L. *Op. cit.*, pp. 68-70.

⁶⁸⁰ *Ibidem*. MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 290.

6.2.2.4. Resinas termofusibles⁶⁸¹:

Las resinas termofusibles se emplean en contadas ocasiones en las intervenciones de estabilización, utilizándose como adhesivos (ej. Beva® 371 Film). Su fabricación, se realiza a partir de polímeros (copolímeros de etileno, estireno, polietileno, polipropileno), resinas (hidrocarburos, fenólicas, colofonias, etc.), cera (parafínica, microcristalina, olefínicas, etc.), EVA, antioxidantes, plastificantes y cargas, presentándose en estado sólido sin el solvente como vehículo⁶⁸². Al tratarse de resinas termoplásticas con puntos de fusión inferiores a 100°C, sólo hay que aplicar el calor necesario para reactivarlas, unido a una presión durante unos pocos segundos acompañando la formación de la junta adhesiva. Según lo anterior, en este tipo de adhesivos, la reticulación se da por enfriamiento del líquido fundido, solidificando tras un tiempo. A este grupo, pertenecen los adhesivos *Hot Melt* y *Hot Seal*⁶⁸³.

6.2.3. Estabilidad de la unión:

Tras el curado del adhesivo, la unión debe presentar unas propiedades mecánicas y químicas que aseguren una adherencia fiable y duradera. Para hablar de dichas propiedades, nos centraremos en primer lugar, en la fuerza exigida a la unión formada tras un tratamiento de consolidación y adhesión, pasando posteriormente a desarrollar los conceptos de Punto de fusión P_f y Temperatura de transición vítrea T_g . Siendo este último, clave para comprender el comportamiento mecánico, que servirá de hilo conductor a lo

⁶⁸¹ MADRID VEGA, M. "Adhesivos y selladores prepolimerizados". *Op. cit.*, pp. 114-118. MARTÍN MARTÍNEZ, J.M., MADRID VEGA, M. "Propiedades de los adhesivos y los selladores antes del curado". *Op. cit.*, p. 25.

⁶⁸² BORGIOLI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 66. MARTÍN MARTÍNEZ, J.M., MARTÍN REY, S. *Op. cit.*, p. 83.

⁶⁸³ **Hot-Melt:** adhesivo fundido que forma un enlace cuando solidifica enfriándose. Penetra en la porosidad del material pudiendo mancharlo, siendo su eliminación total prácticamente imposible. **Hot-Seal:** uso de calor de reactivación para formar una unión gracias al material termoplástico elevando la zona de unión a la fusión y uniéndola bajo presión. *Beva® O.F.* y el PVAc (parámetros necesarios para formar la unión: temperatura, presión y tiempo). La alta viscosidad del adhesivo previene la penetración en materiales porosos. No manchan, son estables y pueden ser eliminados de cualquier soporte artístico. VV.AA. MARTÍN MARTÍNEZ, J.M. *Op. cit.*, pp. 114-117.

largo de las siguientes páginas, y cuyos fundamentos serán desarrollados en el capítulo 8, perteneciente a la parte experimental. Finalmente, a fin de concluir el presente apartado, introduciremos dos puntos específicos sobre estabilidad mecánica, química y biológica.

6.2.3.1. Fuerza exigida a la unión:

Los adhesivos empleados en consolidaciones y adhesiones de capas pictóricas actúan como adhesivos no estructurales, dado que son introducidos en las obras para mantener unidos materiales poco pesados (un levantamiento de pintura, partículas de pigmento...), no sometidos a grandes tensiones⁶⁸⁴. Estas sustancias adhesivas, solo deben soportar el peso y los fenómenos de contracción-dilatación existentes entre las capas. En términos de comportamiento mecánico, la unión debe tener la resistencia suficiente para soportar fuerzas de separación, exfoliación, deslizamiento, fatiga y cizalladura (tensión-compresión). Ver Fig. 174⁶⁸⁵.

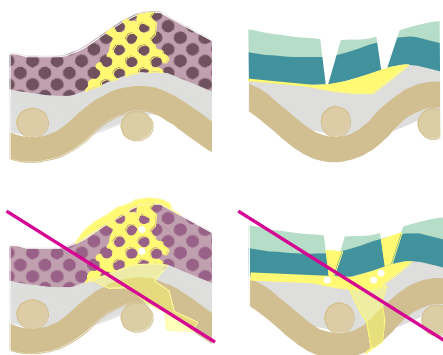


Fig. 174. Uniones correctas e incorrectas (grosor excesivo y formación de defectos).

¿Pero cómo es de fuerte una unión adhesiva? Según Matteini y Moles, la fuerza adhesiva o grado de tenacidad de la adhesión entre dos superficies, depende principalmente del tipo de adhesivo⁶⁸⁶. Claro que, éste habrá tenido que mojar la superficie, cubrir las irregularidades y penetrar hasta el estrato sano, etc. La unión deberá ser lo más continua posible a fin de adquirir una buena resistencia mecánica.

Es decir, no deberá presentar microfisuras o defectos como espacios vacíos, burbujas o desorden cristalino. Esto, puede conseguirse evitando la retracción del adhesivo durante el secado alargando la duración del

⁶⁸⁴ GÓMEZ, M^a. L. *Op. cit.*, p. 87.

⁶⁸⁵ *Ibid.*, p. 160. WOLBERS, R. *Op. cit.*, p. 118.

⁶⁸⁶ MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 284.

proceso⁶⁸⁷. En este sentido, Michalski señala que el control del tiempo en las intervenciones de estabilización es crucial para el éxito de los tratamientos, sobre todo los de consolidación⁶⁸⁸.

Para obtener una mayor resistencia al deslizamiento y a las deformaciones, así como menor respuesta dimensional producida por oscilaciones termohigrométricas, también es importante que el espesor de la unión sea muy reducido. Además, la cantidad de producto a aplicar debe ser capaz de cubrir las irregularidades superficiales de forma uniforme. En el gráfico anterior, podemos observar algunas uniones con resultado correcto e incorrecto.

Respecto a las propiedades del adhesivo, generalmente la adherencia de una capa aumenta con el número de funciones polares presentes en la sustancia filmógena, así como mediante la longitud y disposición de sus cadenas moleculares⁶⁸⁹.

Todos sabemos por experiencia que las ceras y parafinas son sustancias poco adhesivas. Este comportamiento se debe precisamente a que se trata de compuestos no polares, cuyas moléculas están unidas únicamente por fuerzas de Van der Waals.

Las resinas termoplásticas sintéticas forman uniones menos adhesivas que aquellos polímeros con estructuras ramificadas, debido a su estructura lineal de moléculas unidas por atracciones de Van der Waals y dipolares. Por lo que respecta a las colas naturales, parece ser que su poder adhesivo sufre un incremento con las impurezas, mientras que las más puras tienen más poder cohesivo que adhesivo⁶⁹⁰.

Llegados a este punto cabe plantearse cual es la fuerza que debemos exigirle a la unión adhesiva. Según Matteini y Moles, depende de la relación entre la extensión de las superficies a unir y las masas de las dos partes en cuestión. Por tanto, en la elección del tipo de polímero a emplear cabrá considerar además de los requerimientos expuestos con anterioridad, el peso aproximado de las partes a unir, dada que la unión debe resistir a los esfuerzos mecánicos del conjunto siendo compatible con ellos.

⁶⁸⁷ *Ibid.*, p. 337.

⁶⁸⁸ MICHALSKI, E. *Op. cit.*, p. 40.

⁶⁸⁹ GÓMEZ, M^a. L. *Op. cit.*, (Ed. 1994), p. 55.

⁶⁹⁰ *Ibid.*, pp. 34, 337-342. MATTEINI Y MOLES. *Op. cit.*, p. 107. SCICOLONE, G. *Restauración de la pintura contemporánea*. Guipúzcoa: Nerea, pp. 149-157.

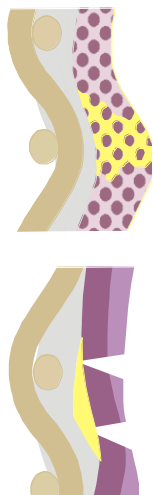


Fig. 175.
Obras
tratadas en
vertical.

Si seleccionamos un adhesivo demasiado fuerte respecto a los materiales existentes, para fijar o adherir un levantamiento de pintura, es probable que se produzcan tensiones en la zona de la unión y el área periférica, lo cual provocará desprendimientos por desequilibrio entre la unión y las fuerzas de cohesión de las partes sanas⁶⁹¹.

Esta fuerza puede plantearse también en términos de durabilidad. Es decir, según los objetivos de uso de la obra. Al respecto, Michalski y Dignard han realizado diversos cálculos en cuanto a la fuerza teórica necesaria que debe ejercer un producto en la consolidación de estratos pictóricos pulverulentos o en la adhesión de exfoliaciones, según diversas situaciones de mayor a menor exigencia⁶⁹². Por ejemplo, sería necesaria una pequeña cantidad de consolidante muy blando (fuerza 3 G*) para que el tratamiento aplicado resistiera la pérdida de partículas procedentes de la capa pictórica durante una exposición con unas condiciones esmeradas de manipulación (Fig. 175).

A fin de proteger a estos estratos pulverulentos o con exfoliaciones de la posibilidad de *shock* durante el movimiento de la obra (con un escaso o moderado estrato amortiguador), cabe aplicar algo más de consolidante, pero no sería preciso seleccionar el adhesivo según criterios de fuerza (en este caso de 30G). Si por el contrario, el estrato tratado debe resistir una manipulación brusca, necesitamos convertir al estrato en un sólido estable con polímeros tan fuertes como el lino, en palabras de Michalski (fuerza requerida a partir de los 100G). No obstante, al intervenir según estos criterios deberíamos asumir los riesgos colaterales para las obras⁶⁹³.

Pues bien, para lograr que la pintura o el soporte no vuelvan a deformarse con el tiempo, manteniendo su planitud y evitando la aparición de nuevos craquelados o desprendimientos, Michalski propone que la rigidez resultante

⁶⁹¹ *Ibid.*, p. 285. WOLBERS, R. *Op. cit.*, p. 118.

⁶⁹² MICHALSKI, E. *Op. cit.*, p. 39.

⁶⁹³ Marcon midió en 2002, la fuerza G (unidad medida fragilidad objetos en movimiento basada en la fuerza de la gravedad 1 G) necesaria para provocar la delaminación de una pintura frágil. *Ibidem*.

tras el tratamiento debe ser superior a la de un estrato preparatorio con blanco de plomo. Resulta indispensable controlar la Humedad Relativa del entorno, pues si es baja se da una fuerza 3 veces mayor que la original, o bien reconocer la imposibilidad de hacer que la pintura sea más fuerte y rígida, que pueda ondularse y levantarse de nuevo.

En opinión de Marion Mecklenburg, es importante estudiar si los adhesivos seleccionados como consolidantes tienen la suficiente resistencia cohesiva y adhesiva, cosa que raramente suele llevarse a cabo. Según sus pesquisas, los consolidantes deben tener una resistencia de 27MPas en casos donde el ambiente no está moderadamente controlado. Estableciendo un rango de 5MPas a 27MPas para 25% a 75% HR (señala que el Paraloid® B72 no llega a 27). Si supera el 75%, incluso la cola de huesos tendrá problemas como consolidante porque pierde toda resistencia a elevados niveles de HR⁶⁹⁴.

Alain Roche ha investigado la distribución de las fuerzas existentes en la adhesión de dos estratos (EC: 9). Dicha fuerza puede constituirse por una unión mecánica en el caso de materiales porosos y/o de una fuerza intermolecular capaz de provocar una adhesión específica en la interfase⁶⁹⁵.

$$EC: 9 \quad P_{cs} = \frac{\Delta\sigma}{Q}$$

Donde: P_{cs}: Poder consolidante.

Q: Resistencia (*stress*) de rotura.

Δσ: Variación de la resistencia (*stress*) de rotura entre las probetas consolidadas y no consolidadas.

6.2.3.2. Propiedades del adhesivo frente a la temperatura:

La estabilidad de la unión adhesiva depende también de las propiedades del sólido formado según su respuesta a distintos factores. Por ejemplo, su

⁶⁹⁴ MECKLENBURG, M.F. *Op. cit.*, p. 126.

⁶⁹⁵ La energía de adhesión está influenciada por componentes dispersivos y ácido base. Las fuerzas de interacción entre un sustrato y un adhesivo son: fuerzas de Van der Waals LW, enlaces de hidrógeno o ácido-base AB y enlaces iónicos para compuestos ionizables LI. Cada adhesivo y pigmento tiene sus propias características de adhesión. La fuerza en la interfase se compone en una fuerza de escamadura (*cleavage*) y de una de corte (*shear*) a las que se opone la componente normal y la componente tangencial (*shear*) de adhesión. Las fuerzas de adhesión del estrato pictórico se oponen a las fuerzas externas. Las condiciones de equilibrio de las fuerzas entre dos estratos pueden ser: °cliv/cis < °rupt adh. Cfr. ROCHE, A., OTTOLINI, S., RIGGIARDI, D. *Op. cit.*, pp. 137-158. Cfr. ROCHE, A. "Per una nuova lettura del concetto di adesione e decoesione: aspetti fisico-chimici e meccanici". Atti congresso CESMAR7, 2006. Padova: Il Prato, 2008, pp. 61-72.

comportamiento frente a la temperatura está en estrecha relación con su estructura y tipo de organización molecular. De ahí, la subdivisión de los polímeros sintéticos en termoplásticos y termoestables⁶⁹⁶:

6.2.3.2.1. Polímeros termoplásticos y termoestables:

Los polímeros **termoplásticos** (ej. resinas vinílicas), tienen la propiedad reversible, de ser plásticos o deformables a temperatura ambiente, fluidos al calentarse y sólidos en estado vítreo al enfriarse. Este comportamiento se debe a que forman cadenas lineales o ramificadas en dos dimensiones tras el curado, unidas mediante enlaces secundarios relativamente débiles que pueden romperse por fusión o solución (Van der Waals y puentes de hidrógeno). En su fabricación suelen emplearse polímeros de alto peso molecular combinados con otras moléculas que les confieren propiedades concretas, cuya estructura es similar antes y después del procesado⁶⁹⁷.

Los polímeros **termoestables** forman redes tridimensionales entrelazadas mediante fuertes enlaces covalentes. Al llegar a una temperatura determinada arden sin reblandecer. Tienen una mejor resistencia al impacto, a los solventes (algunos logran hincharlos o reblandecerlos), y a las temperaturas extremas que los anteriores. Son materiales rígidos, duros, frágiles e insolubles, etc.

En las resinas epoxi, alquídicas, insaturadas de poliéster, ureicas, fenólicas, poliuretanos, silicona o plásticos como la baquelita, así como en los llamados *Hot-Set* o *Heat-Set*⁶⁹⁸, el curado se produce por reacción química irreversible iniciada por catalizadores (calor, la luz, radiación, endurecedores). Aunque no se emplean en los tratamientos de estabilización, los diisocianatos alifáticos se han considerado en determinados estudios de consolidación⁶⁹⁹.

⁶⁹⁶ GONZÁLEZ, M^a L. *Op. cit.*, pp. 338-344. Ver capítulo 5.

⁶⁹⁷ REAL ROMERO, J.C., MADRID VEGA, M, LÓPEZ MARTÍN, F. "Propiedades de los adhesivos y los selladores después del curado". *Tecnología de la adhesión. Op. cit.*, pp. 55- 57. MARTÍN MARTÍNEZ, J.M., MARTÍN REY, S. *Op. cit.*, pp. 5-7. SCICOLONE, G. *Op. cit.*, pp. 149-157.

⁶⁹⁸ VV.AA. *Science for Conservators. Op. Cit.*, p. 39. GÓMEZ, M^a. L. *Op. cit.*, p. 104. MATTEINI, MOLES. *Op. cit.*, p. 276. VV.AA. MARTÍN MARTÍNEZ, J.M. *Op. cit.*, pp. 314-315. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 70-71. SCICOLONE, G. *Op. cit.*, pp. 149-157.

⁶⁹⁹ Cfr. HANSEN, E., LOWINGER, R. "Investigations into techniques for the consolidation of high pigment volume concentration paint at the Getty Conservation

6.2.3.2.2. Temperatura de transición vítrea T_g:

Un factor de gran importancia en la selección de un adhesivo o sustancia consolidante es el de Temperatura de transición vítrea T_g. Referido a la media de un intervalo de temperatura en el cual se verifica el paso de un polímero de un estado vítreo, duro y frágil, a un estado gomoso en el que forma una masa viscosa y pegajosa.

Dicho valor, posee una influencia directa sobre muchas propiedades físico químicas de los polímeros empleados en el sector de la conservación restauración de bienes culturales. Como por ejemplo, las propiedades mecánicas de la película formada, ya que viene a indicar su dureza y flexibilidad a temperatura ambiente, el índice de refracción o la resistencia al impacto, etc. Y con ello, el intervalo de temperatura de trabajo de un material (durante el que un material filmógeno mantiene sus propiedades adhesivas), así como su adecuación a una aplicación determinada⁷⁰⁰.

Tanto la cristalinidad como la T_g son fenómenos de naturaleza física, que no comportan una modificación química, sino diferencias en cuanto al ordenamiento de los componentes⁷⁰¹. Se trata de una característica de los materiales termoplásticos, ya tengan una estructura vítrea o semicristalina⁷⁰².

Institute". [En línea]. *WAAC Newsletter*, vol. 12, nº 3, septiembre. Los Ángeles: WAAC, 1990. <<http://palimpsest.stanford.edu>>. [Consulta: 27/01/05], p. 1.

⁷⁰⁰ T_g: depende de la unidad recurrente, peso molecular, viscosidad intrínseca, grado de polimerización, cristalinidad, sustituyentes unidos al esqueleto del compuesto, longitud de cadenas laterales y grado de reticulación, plastificantes incorporados, intensidad de las fuerzas intermoleculares y presencia de coadyudantes. Aumenta ligeramente con el incremento del peso molecular (las cadenas tienen menos libertad de movimiento). Baja con la adición de plastificantes. El estado rígido está caracterizado por el movimiento vibracional de los átomos entorno a su posición de equilibrio, mientras que en el estado gomoso o plástico, se dan movimientos rotacionales de los trazos de cadena más flexibles. COLOMBO, A. *Op. cit.*, 124-125. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, pp. 332-335. HORIE, C.V. *Op. cit.* pp. 17-20. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 16-22.

⁷⁰¹ SCICOLONE, G. *Op. cit.*, p. 156.

⁷⁰² Los polímeros sintéticos pueden ser amorfos, cristalinos o semicristalinos según las fuerzas intermoleculares y su estructura polimérica. **Vítrea**: polímero que por falta de regularidad estructural o por falta de conformación helicoidal no puede formar cristales. Presentan T_g como única transición, así como una transparencia inherente mayor que algunos semicristalinos. Su estructura asemeja a la de un plato de espaguetis. Ej. Vidrio. **Semicristalino**: polímero que presenta dos regiones claramente definidas en estado sólido (una amorfa y otra cristalina). Ej. Derivados de la celulosa. **Cristalino**: moléculas ordenadas siguiendo un mismo patrón u

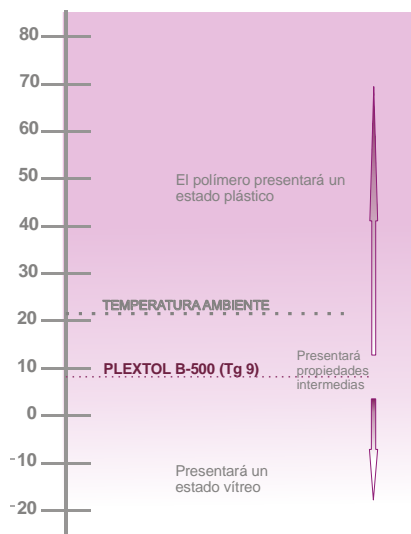


Fig. 176. Esquema Tg del Plextol B500®. Borgioli y Cremonesi.

Por el contrario, los adhesivos termoestables, solo se ablandan ligeramente por encima de este valor sin llegar a fundir, quemándose posteriormente⁷⁰³. Cuanto más se aleje la temperatura de la Tg, más plástico o vítreo será el polímero, cuanto más cercana, más se acentuará el carácter intermedio (Fig. 176).

Para interpretar las propiedades derivadas de este parámetro, tomando como referencia la temperatura ambiente, hay que tener en cuenta que los polímeros termoplásticos con una Tg cercana o inferior a dicha temperatura, generalmente presentarán un estado mórbido y luego plástico.

ordenamiento regular. Ej. El azúcar. La **crystalinidad** afecta a las propiedades físico-químicas (resistencia a la abrasión y tracción, fragilidad, dureza, tenacidad, Tg, solubilidad y resistencia química). Los polímeros termoplásticos presentan zonas cristalinas (ordenadas) y amorfas (desordenadas) en distintos grados según su naturaleza, composición, configuración molecular, evolución térmica y dinámica (enfriamiento lento, plancha), lo cual repercute en su comportamiento mecánico (ver punto 6.2.3.1). Según Scicolone, las zonas cristalinas se modifican o llegan a desaparecer por calentamiento a causa de la rotura de los enlaces químicos correspondientes a la Temperatura de fusión Tf, produciéndose la pérdida de las propiedades mecánicas. Sobre la Tf el polímero presenta un estado amorfo o desordenado (en aquellos amorfos, estas zonas representan la totalidad del polímero). Existen polímeros altamente cristalinos (polipropileno, poliestireno sindiotáctico, Nylon®, Kevlar® y Nomex®, policetonas) y otros altamente amorfos (polimetilmetacrilato, poliestireno atáctico, policarbonato, poliisopreno, polibutadieno). La porción cristalina o amorfa de un polímero se determina con la Calorimetría Diferencial de Barrido. Cfr. Macrogalleria, *A Cyberwonderland of Polymer Fun*. [En línea]. "Cristalinidad de los polímeros". Hattiesburg: University of Southern Mississippi USA, Department of Polymer Science, Copyright© 1995-1996. <www.psrc.usm.edu> y <http://pslc.ws>. [Consulta: 09/05/09]. SCICOLONE, G. *Op. cit.*, pp. 149-157. Mª L. *Op. cit.*, p. 343. WOLBERS, R. *Op. cit.*, p. 120.

⁷⁰³ *Ibid.*, p. 334.

Si esto los hace aptos como adhesivos, los incapacitará en su aplicación como barnices dada su tendencia a absorber la suciedad ambiental al estar “mordientes” (ej. el PVAc utilizado como barniz en los años 50). Si por el contrario, la Tg está por encima de la temperatura ambiente, desde el punto de vista mecánico, el polímero se comportará como un sólido rígido, frágil, susceptible de agrietarse. Así, estos materiales serán válidos como consolidantes y protectivos, pero no para intervenir materiales flexibles como los textiles⁷⁰⁴, o pinturas con aglutinantes vinílicos y acrílicos con Tg próximas a la temperatura ambiente (Tabla 35).

Al preparar una mezcla adhesiva, la adición de un buen solvente tendrá un efecto mayor en la reducción de la Tg que un mal solvente. Pues, parece ser, que el solvente es capaz de plastificar al polímero temporalmente.

Colombo señala que en el ámbito práctico las películas de polímeros termoplásticos con una Tg superior a la temperatura ambiente presentan siempre retención de solvente (este puede ser

Tabla. 35. Tg de algunos polímeros. Borgioli, Cremonesi *et Al.*

Polímero	Tipo	Tg (°C)	T^a (°C) Reblandecimiento en sólido
Acril® 33	Acrílico (EA/MMA)	6-8	-
Aquazol® 200	PEOX	70	-
Aquazol® 500	PEOX	70	-
Beva® 371	EVA/resina cetónica/parafina	18	65
Beva® 371 Film	EVA/resina cetónica/parafina	-	70
Fluoline® HY	Poliuretano alifático	-21	-
Lascaux® 360HV	Acrílico (BA/MMA)	-8	-
Lascaux® 498HV	Acrílico (BA/MMA)	13	-
Klucel® G	Éter de celulosa	130	100-150
Metilcelulosa	Éter de celulosa	140	-
Mowith® 20	PVAc	-	80-100
Mowilith® DMC2	PVA/butilmaleato	10-13	-
Mowilith® SDM5	PVAc/acrílico	2-11	-
Paraloid® B72	Acrílico (MA/EMA)	40	-
Plexisol® P550	Acrílico (nBMA)	25	54
Plextol® B500	Acrílico (EA/MMA)	9	-
Plextol® D360	Acrílico (BA/MMA)	-8	-
Vinavil® 2424 59	PVAc	14	-

⁷⁰⁴ WOLBERS, R. *Op. cit.*, pp. 115-116. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 18-22, 37. COLOMBO, A. *Op. cit.*, p. 125.

eliminado mediante la aplicación de una temperatura superior a la T_g). De esta manera, al evaporar, acaba liberando también una función plastificante, aumentando el valor final de la T_g y con ello, la rigidez de la película de adhesivo. Contrariamente, Horie afirma que este valor desciende considerablemente con el tiempo con los consiguientes problemas para el objeto (ver comportamiento mecánico)⁷⁰⁵.

6.2.3.2.3. Punto de fusión P_f :

Otro concepto es el de Punto de fusión, siempre superior al de la T_g en los polímeros termoplásticos, que indica la temperatura a la cual el sólido funde como resultado del desplazamiento de sus moléculas al aplicar una fuerza de forma aislada. La fusión se presenta estrictamente en los polímeros cristalinos, dado que en el caso de los compuestos amorfos cabría hablar de fluidificación, no existiendo en los termoestables⁷⁰⁶. Así pues, marca un cambio de estado reversible a una temperatura muy precisa (por ejemplo, la Beva 371® Film funde a los 70°C y cristaliza de nuevo al enfriar), que puede estar a gran distancia de la T_g ⁷⁰⁷.

6.2.3.3. Estabilidad mecánica⁷⁰⁸:

Tras la intervención de una obra y de vuelta al medio en el que se halla expuesta o almacenada, ésta volverá a encontrarse con muchos de los agentes internos y externos que provocaron la aparición de sus daños, o con otros totalmente diferentes. En este caso, los materiales introducidos en las zonas tratadas deberán ser mecánicamente compatibles con el conjunto puesto que su adhesividad, flexibilidad, rigidez y respuesta frente a la tensión, etc., pueden verse a largo o corto plazo afectadas⁷⁰⁹.

⁷⁰⁵ *Ibidem*. WOLBERS, R. *Op. cit.*, p. 117. HORIE, C.V. *Op. cit.* pp. 19-20.

⁷⁰⁶ **Punto de fusión:** temperatura en la que el estado sólido y líquido de una sustancia coexisten en equilibrio térmico a una presión de 1 atmósfera. Cfr. EDUCARED. "Punto de fusión". [En línea]. © 2009 Fundación Telefónica. <www.educared.net>. [Consulta: 23/02/10]. En general, los sólidos cristalinos están constituidos por moléculas relativamente pequeñas, discretas no poliméricas. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 334. BORGIOIOLI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 16-17.

⁷⁰⁷ Cabe tener en cuenta la sensibilidad de las obras contemporáneas al calor.

⁷⁰⁸ Ver C. 8 para mayor información sobre el comportamiento mecánico.

⁷⁰⁹ SOUSA-SILVA, M., DOMÉNECH CARBÓ, M^a T., MARTÍN REY, S., FUSTER LÓPEZ, L., MARTÍNEZ BAZÁN, M^a L. "Evaluation of Mechanical and Optical Properties of

6.2.3.3.1. Influencia de la estructura polimérica:

En las resinas sintéticas, el comportamiento mecánico depende del peso molecular y de la Temperatura de transición vítrea Tg (a su vez dependiente de otros parámetros), pero también de la forma en que hayan sido preparadas y aplicadas⁷¹⁰. Es decir, de los solventes empleados, de la temperatura de aplicación, de la rapidez de enfriamiento, etc.

Cuanto más abundantes sean las zonas cristalinas de un material, mejores serán sus características mecánicas y térmicas⁷¹¹. Si bien, para Gómez los sólidos con mejores propiedades mecánicas son aquellos con elevado peso molecular, reticulación media y baja tasa de cristalinidad (Tabla 36)⁷¹².

Tabla. 36. Relación entre estructura y propiedades físico-mecánicas del polímero, según M^a L. Gómez.

Estructura	Resistencia abrasión	Fragilidad	Dureza	Resistencia tracción	Tenacidad	Tg
Δ Peso Molecular M	+	+	+	+	+	+
Δ Distribución M	-	+	+	-	-	-
Δ Cristalinidad	+	-	+	-	-	+
Δ Enlaces cruzados	+	valor máximo	+	valor máximo	-	+
Δ Unidades principales polares	+	+	+	+	-	+
Δ Grupos rígidos en la cadena principal	-	+	+	+	+	+

La cristalinidad hace que los materiales sean resistentes pero también quebradizos. Las regiones amorfas confieren a los polímeros mayor tenacidad, resistencia a la tracción y menor fragilidad. Según el grado, carácter y disposición de las áreas cristalinas, hablaremos de fibras, elastómeros o materiales plásticos⁷¹³.

Consolidants Used in the Treatment of a PVAC Contemporary Painting". *Preprints 16th International Meeting on Heritage Conservation*. Valencia: UPV, 2006, pp. 424-432.

⁷¹⁰ El peso y distribución molecular, cristalinidad, enlaces cruzados, unidades principales polares y grupos rígidos en la cadena principal, afectan a la resistencia a la abrasión, a la fragilidad, dureza, resistencia a la tracción y a la tenacidad del material. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, (Ed. 1994), p. 151. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 343.

⁷¹¹ SCICOLONE, G. *Op. cit.*, pp. 149-157.

⁷¹² GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 342.

⁷¹³ VV.AA. *Tecnología de la adhesión*. *Op. cit.*, p. 55. SCICOLONE, G. *Op. cit.*, pp. 153-155. VAN OOSTEN, T. *Workshop Working with plastics*. Apuntes del curso. Amsterdam: ICN, diciembre 2008.

6.2.3.3.2. Influencia de la T_g:

Tal y como expusimos en puntos anteriores, la T_g determinará la conducta rígida o elástica del polímero, y de ahí, su dureza y flexibilidad⁷¹⁴, la cual está indicada por el cambio de rigidez (módulo de elasticidad) en un aumento de la temperatura del polímero (Tabla 37)⁷¹⁵.

Tabla. 37. Posible estado de los polímeros según su T_g (Borgioli y Cremonesi).

T _g : 0°C	A temperatura ambiente será plástica probablemente como una goma.
T _g : 100°C	A temperatura ambiente será rígida.
T _g : 25°C	A temperatura ambiente será moderadamente plástica.

Pensemos que si la T_g de un polímero es superior a la temperatura ambiente, éste tendrá un comportamiento similar al de un sólido rígido, y si es igual, al de un material mórvido o gomoso. Así, polímeros con una T_g cercana a la ambiental, como el Plexisol® P550® (T_g de 33,65°C, antes del curado), resultarán pegajosos microscópicamente, pudiendo dar malos resultados como adhesivos, en opinión de A. Colombo⁷¹⁶. Si es cercana a los 50° C, se obtendrán adhesivos muy rígidos, cuyo uso tendrá mayor viabilidad como protectivos. Por contra, si ronda los 0° C, su utilización será positiva en la adhesión de soportes muy flexibles y móviles, no así como barnices a causa de su capacidad de absorber el polvo⁷¹⁷.

6.2.3.3.3. Generalidades sobre la respuesta mecánica de algunos polímeros empleados:

Llegados a este punto, consideramos necesario recalcar y completar algunos datos referidos a la respuesta mecánica de los polímeros empleados en las

⁷¹⁴ **Dureza:** propiedad de los sólidos. Depende de las interacciones inter e intra moleculares, mantiene la composición y la estructura superficial de la capa (pigmento-aglutinante). **Flexibilidad:** elongación máxima que puede sufrir la capa sin romperse al someterla a fuerzas de tracción, torsión o flexión. Depende de la capacidad de estiramiento y replegado de las cadenas carbonadas y del deslizamiento de las moléculas. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 337-338. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.* (Ed. 1994), p. 54. MATTEINI, MOLES. *Op. cit.*, pp. 286-288.

⁷¹⁵ HORIE, C.V. *Op. cit.* pp. 17-20. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 16-22, 37.

⁷¹⁶ WOLBERS, R. *Op. cit.*, pp. 115-120. COLOMBO, A. *Op. cit.*, p. 124.

⁷¹⁷ BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 16-24, 37.

intervenciones de estabilización, introducidos en capítulos y páginas anteriores.

Por lo que respecta a las películas obtenidas a partir de polisacáridos y proteínas, señalar que a excepción de la cola de esturión de relativa menor rigidez, poseen poca flexibilidad al presentar fuertes atracciones intermoleculares que se oponen al deslizamiento de unas moléculas sobre otras⁷¹⁸. A fin de otorgarles mayor flexibilidad tradicionalmente se han añadido plastificantes naturales como la miel o la glicerina, aunque deben estudiarse otros aditivos capaces de mantener sus características a largo plazo.

Mecklenburg, ha estudiado su respuesta mecánica frente a las oscilaciones de Humedad Relativa, obteniendo interesantes resultados, que a su vez ayudan a comprender mejor los mecanismos de degradación de las obras pictóricas. Según estas investigaciones, las colas de huesos son materiales muy fuertes en niveles moderados de HR (sin cambios significantes entre 35% y 70% HR), perdiendo resistencia y rigidez en valores sobre 75%. Mientras que para la cola de esturión el rango está entre 15% y 40%⁷¹⁹. No obstante, para una HR dada, la cola de esturión es más fuerte que la de huesos, ya que con su incremento, aunque ambas colas pierden resistencia, sigue manteniéndola por encima de la de huesos, siendo por esto recomendable como consolidante.

Para Borgioli y Cremonesi, las colas naturales, sobre todo si son puras, tendrán un poder cohesivo óptimo, lo cual las hará más apropiadas en su uso como consolidantes dónde se requieren propiedades mecánicas más equilibradas⁷²⁰.

⁷¹⁸ GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, pp. 337-338. SCICOLONE, G. *Op. cit.*, pp. 149-157.

⁷¹⁹ Mecklenburg ha estudiado y publicado durante años las propiedades mecánicas de multitud de materiales pictóricos (pigmentos, aglutinantes) y productos empleados en su restauración (adhesivos). MECKLENBURG, M.F. *Op. cit.*, pp. 112-113. MECKLENBURG, M.F., LÓPEZ FUSTER, L. *Estudio de la pintura de caballete: Comportamiento estructural y mecanismos de degradación*. Valencia: Ed. UPV, 2009. MECKLENBURG, M.F., LÓPEZ FUSTER, L. *Estudio de las propiedades mecánicas y dimensionales de los materiales pictóricos*. Valencia: Ed. UPV, 2009. MECKLENBURG, M.F. "Micro Climates and Moisture Induced Damage to Paintings". *Museum Microclimates*. National Museum of Denmark, 2007.

⁷²⁰ BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 107

Las resinas termoplásticas sintéticas proporcionan *films* flexibles según M^a L. Gómez:

*“Los polímeros lineales no son bastante resistentes ni rígidos, ya que sus cadenas se deslizan fácilmente unas sobre otras, bajo la acción de una fuerza; por el contrario, los muy reticulados suelen ser frágiles e incapaces de resistir los golpes”*⁷²¹.

Entonces, ¿cuál debe ser el comportamiento mecánico de estos materiales? Según las fuentes consultadas, en las consolidaciones, es conveniente elegir un producto con una Tg lo suficientemente lejana de las condiciones ambientales, y con un comportamiento mecánico lo más parecido al del sustrato⁷²². Por otra parte, cabrá tener en cuenta la posibilidad de que las pinturas aumenten su rigidez con el tiempo, por lo que su Tg podría ser más o menos elevada.

Si bien, Wolbers señala que el tipo ideal de adhesivo tiene que ser un tanto duro y resistente (capaz de absorber energía en distintos modos antes de su rotura total), a la vez que capaz de mantener estas propiedades mecánicas indefinidamente⁷²³. En determinados tipos de pinturas, como las acrílicas y vinílicas, hay que tener en cuenta el grado de flexibilidad de estas.

No hay que olvidar, el estudio de las propiedades mecánicas de estos polímeros con el paso del tiempo, puesto que pueden ser distintas de las inicialmente presentadas. Como así demostraron las investigaciones de Jane Down en el CCI en 1996, poniendo de manifiesto que las resinas acrílicas cambiaban las cargas de rotura en un período verificado de cuatro años. O las pesquisas de Wolbers, que atribuyen el aumento de fragilidad de algunos polímeros, no al envejecimiento propiamente dicho, sino a la pérdida a largo plazo del solvente retenido. Al evaporar totalmente, deja a la resina tan frágil como lo era antes de su aplicación. De ahí, la teoría del efecto de plastificación temporal de resinas con alto Tg a través de los solventes⁷²⁴.

⁷²¹ GÓMEZ, M^a. L. *Op. cit.*, p. 34. p. 337-342. SCICOLONE, G. *Op. cit.*, pp. 149-157.

⁷²² COLOMBO, A. *Op. cit.*, pp. 124-126

⁷²³ Gráfica tipo C con un área bastante grande, inferior a la curva de carga-deformación. WOLBERS, R. *Op. cit.*, p. 116. (Ver fig. 295).

⁷²⁴ *Ibid.*, p. 117. DOWN, J. L., McDONALD, M.A., TÉTREAU, J., WILLIAMS, R. S. "Adhesive Testing at the Canadian Conservation Institute-An evaluation of

Los datos obtenidos para una solución de Paraloid® B72 con xileno, fueron de una Tg inicial de 40°C a una Tg de 8°C tras varios meses de envejecimiento. El mismo polímero acrílico con acetona dio como resultado un material mucho más frágil que al mezclarlo con xileno, pese a su estado gomoso inicial.

La resina Polivinilbutiral o PVB (B-98) con etanol produjo también una película frágil tras dos meses de envejecimiento⁷²⁵. En esta línea, Wolbers investiga los efectos de la adición de Aquazol® 200 como plastificante a largo plazo. Además, se ha demostrado recientemente, que incluso las propiedades mecánicas de los adhesivos están determinadas por la calidad termodinámica de los solventes⁷²⁶.

Decimos que la elección de un polímero debe estar principalmente determinada por su compatibilidad mecánica con los materiales de la obra, ya que si una pintura consolidada se expone a unas oscilaciones termohigrométricas más o menos bruscas, en la que la temperatura se sitúa por debajo o encima de la Tg del consolidante, probablemente se produzcan cambios dimensionales en este último. Estos, al convertirse en una fuente de estrés para el sustrato, provocará deformaciones, roturas y por tanto, daños ópticos capaces de alterar el mensaje de la obra.

Esta situación será idéntica en el caso de intervenciones de adhesión en las que se hayan empleado sustancias con propiedades mecánicas de expansión-contracción distintas a los de los materiales a unir⁷²⁷. Pues, un adhesivo más rígido o mucho más blando, difícilmente podrá responder a los movimientos del objeto con el estrés⁷²⁸. Y tampoco si tienen una excesiva respuesta a las fluctuaciones de HR. En este sentido, Mecklenburg señala que el Mowiol® tiene este comportamiento y que no debería considerarse como un adhesivo (mayor respuesta termohigrométrica que la cola de huesos). Recalcando además, que los productos introducidos deben tener una resistencia determinada.

selected Poly(vinyl acetate) and Acrylic Adhesives". *Studies in Conservation*. Vol. 41, n. 1. London: IIC, 1996.

⁷²⁵ *Ibid.*, p. 118.

⁷²⁶ Cfr. HANSEN, E., DERRICK, M., SCHILLING, M., GARCÍA, R. "The effects of solution application on some mechanical and physical properties of thermoplastic amorphous polymers used in conservation: Poly(vinyl acetate)s". *JAIC Online*. Vol. 30, nº 2. Copyright © 2002-2007 AIC. <<http://aic.stanford.edu>>. [Consulta: 15/05/06].

⁷²⁷ WOLBERS, R. *Op. cit.*, pp. 115-116, 120. COLOMBO, A. *Op. cit.*, p. 124.

⁷²⁸ HORIE, C.V. *Op. cit.* p. 17.

Aparte de las propiedades de los materiales empleados en consolidación, debe tenerse presente cuáles son las condiciones ambientales en las que son instaladas las obras, si deben regresar a ellas o si deben modificarse con los controles necesarios⁷²⁹.

6.2.3.4. Estabilidad química y biológica:

Tras la unión, debemos considerar además de la compatibilidad mecánica, la estabilidad química y biológica de los adhesivos o consolidantes aplicados. Es decir, la resistencia a muchos de los agentes externos de deterioro a los que hicimos referencia en el capítulo 4, y cuya acción se produce de forma interrelacionada, haciendo que los materiales se deterioren perdiendo alguna de las propiedades que hacían adecuado su uso. De ahí, que se les exijan ciertas garantías de estabilidad, a la luz, a la temperatura y humedad, a la acción de ácidos y oxidantes atmosféricos, a los agentes biológicos, así como una baja reactividad con los componentes de la obra⁷³⁰.

Los adhesivos naturales, aun demostrando una elevada durabilidad, son sensibles a los cambios termohigrométricos y a los agentes biológicos. Esto ha hecho que su uso cayera en un segundo plano frente a los sintéticos, considerados más resistentes. Frente a esta situación, debemos tener en cuenta que estos se fabrican para funciones en las que la durabilidad no es un requisito⁷³¹. Y que también son susceptibles de ataque biológico.

En el ámbito de los tratamientos de estabilización, en el que las intervenciones exigen que los materiales aplicados duren y sean resistentes, y en el que la reversibilidad es una quimera (ver capítulo 7), la selección de uno u otro producto vendrá determinada por el sistema de aplicación y la función a desempeñar. Por lo tanto, como veremos, los requerimientos o exigencias a las que aludíamos al comienzo, pueden tener mayor o menor repercusión según se trate de agentes adhesivos o consolidantes.

6.2.3.4.1. Estabilidad frente a agentes físicos y químicos:

La duración de una unión adhesiva dependerá del tipo y rapidez de los procesos degradativos⁷³². Según Borgioli y Cremonesi, la degradación de la

⁷²⁹ MECKLENBURG, M.F. *Op. cit.*, p. 126.

⁷³⁰ GÓMEZ, M^a. L. *Op. cit.*, (Ed. 1994), p. 154. GÓMEZ, M^a. L. *Op. cit.*, p. 344.

⁷³¹ HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 31.

⁷³² VV.AA. *Science for Conservators. Op. cit.*, p. 93.

estructura de un polímero se debe principalmente a tres fenómenos interdependientes: el de despolimeración, reticulación o *cross-linking* y el de formación de nuevos grupos funcionales⁷³³. Dichas alteraciones estructurales comprometen así mismo las propiedades físicas y ópticas del polímero, y por tanto, su funcionalidad. De ahí, que produzca una menor o mayor afectación en las zonas tratadas (Fig. 177).



Fig. 177. Adhesivo envejecido sobre loneta.
Paisaje, 1976, Carmen Calvo.

Este hecho tiene una especial relevancia en las intervenciones de estabilización, en las que los materiales introducidos pueden sufrir cambios tales como la pérdida o aumento de adhesión, la aparición de pegajosidad, rigidez, encogimiento, que el adhesivo se vuelva quebradizo, que amarillee, que oscurezca, que se vuelva insoluble, que reaccione con los componentes de la obra, que sufra ataques biológicos, etc. Y con ello, que se vea comprometida además de la estabilidad material, la correcta lectura de la obra. Imaginemos por ejemplo, el impacto visual de una zona consolidada oscurecida y amarilleada con el tiempo.

Aunque el estudio de las causas y mecanismos de degradación de los polímeros no es el objetivo de esta investigación, introduciremos unas breves notas sobre esta cuestión. En primer lugar, denominamos **despolimerización** a la fragmentación de la cadena polimérica en piezas más pequeñas, la cual se debe principalmente a la acción del agua o hidrólisis, reduciéndose el peso molecular del polímero. **Reticulación** o **cross-linking** a la formación de nuevos enlaces de las cadenas adyacentes, dando como resultado una disminución de la solubilidad y un aumento del peso molecular (ej. aceite de linaza). Y en tercer lugar, de **formación de nuevos grupos funcionales**. Último cambio que viene normalmente seguido de un aumento de la polaridad y de la aparición de amarilleo⁷³⁴.

⁷³³ BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 27.

⁷³⁴ Los polímeros más sensibles a la hidrólisis son los heterocadena (normalmente de condensación), según el orden: Poliacetales > Poliamidas >

En la tabla, observamos la influencia de algunas propiedades poliméricas sobre la solubilidad y la resistencia química. La interacción de la temperatura, humedad, oxígeno, contaminantes atmosféricos y radiación lumínica, poseen diferentes y desconocidos efectos sobre su degradación no siempre lineal (Fig. 38)⁷³⁵.

Tabla. 38. Relación entre la estructura del polímero y sus propiedades químicas, según M^a L. Gómez.

Estructura	Solubilidad	Resistencia química
Δ Peso Molecular M	-	+
Δ Distribución M	=	-
Δ Cristalinidad	-	+
Δ Enlaces cruzados	-	variable
Δ Unidades principales polares	-	-
Δ Grupos rígidos en la cadena principal	-	+

El envejecimiento suele originarse por la **acción conjunta del oxígeno de la atmósfera y la luz**, produciendo transformaciones irreversibles que hacen que los polímeros se vuelvan insolubles, pierdan su flexibilidad, se hagan duros y quebradizos, amarilleen o se decoloren, etc. En combinación con el oxígeno, como mayor responsable de la degradación de los polímeros, la radiación lumínica visible o UV, favorece según su intensidad, el desarrollo de radicales libres. A este fenómeno se le denomina fotooxidación⁷³⁶. No obstante, sin oxígeno, las radiaciones pueden ser absorbidas en zonas sensibles como los dobles enlaces o grupos cromóforos, produciendo también radicales libres, y cambios apreciables a simple vista como el

Poliésteres > Poliéteres. Los homocadena saturados, como los alifáticos, son más resistentes a la oxidación, mientras que algunos insaturados con dobles enlaces son más susceptibles. Así, la facilidad de oxidación de un polímero está ligada a la reactividad de los átomos de hidrógeno del radical. Por ejemplo el Paraloid® sufre escisión de la cadena con disminución del PM y de la Tg. Al contrario el ACRIL ME® (50 nm), de excepcional estabilidad, sufre una progresiva reticulación con ligero aumento de la Tg y de la solubilidad, hecho aceptable para un consolidante. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 27. *Ibid.* GÓMEZ, M^a. L. *Op. cit.*, pp. 345-351. CTS. "Microemulsioni acriliche". *Bollettino (17.1. Nuovi Prodotti)*. [En línea]. CTS. <www.ctseurope.com>. [Consulta: 09/08/09].

⁷³⁵ Puede ser lineal, autorretardante, autocatalítico o combinado. *Ibid.*, p. 343. *Ibid.*, p. 31. HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 31.

⁷³⁶Autooxidación: proceso degradativo en el que interviene el oxígeno sin presencia de luz. El Polietileno oxida notablemente en la oscuridad a 60°C. Los derivados de la celulosa son los menos estables a la oxidación (identificación de 4 estadios). BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 32-34. *Ibid.*, p. 34. VV.AA. *Science for Conservators. Op. cit.*, p. 104.

amarilleo o la decoloración. Impurezas como iones metálicos o imperfecciones como oxígeno incorporado al polímero, son también afectadas por la luz visible⁷³⁷.

El **calor**, es un catalizador de la degradación, pues bajo su efecto aumenta la reticulación y la escisión de cadenas⁷³⁸. Recordemos también como respecto a la Tg, la temperatura influenciaba el comportamiento mecánico de los polímeros, de forma que la selección de estos para una u otra función, debía tener en cuenta dicho valor. Así mismo, la reticulación se inicia sólo cuando se supera esta cifra, de modo que para mantener la reversibilidad del polímero, debe seleccionarse aquel cuya Tg sea superior a la de la temperatura ambiente. Si bien, debido a que hablaríamos de un material en estado vítreo, Horie aconseja no superar los 65°C⁷³⁹.

La presencia de **humedad** determina la rotura de enlaces químicos por hidrólisis. Por ejemplo, son sensibles a ella las poliamidas, los poliestirenos, derivados de la celulosa, el Paraloid® B-72 (sensible a su vez a las oscilaciones termohigrométricas) y el alcohol polivinílico⁷⁴⁰, por lo que su uso al exterior no sería recomendable. En bajos porcentajes, los polímeros sufren sequedad y pérdida de flexibilidad.

Los **contaminantes atmosféricos** son responsables de la aparición de la oxidación, del incremento de la acidez y de fenómenos de hidrólisis, etc. En conjunción con los demás agentes producen daños sobre las obras de arte y los materiales introducidos durante la restauración. Aunque en el tratamiento de obras al exterior hablamos de condiciones ambientales extremas, en el interior de los museos pueden estar expuestas a estos contaminantes a través del aire acondicionado, entradas de aire del exterior, o derivadas de la respiración de los visitantes, etc. (ver punto 4.1)⁷⁴¹.

⁷³⁷ *Ibidem. Ibid.*, p. 31.

⁷³⁸ El acetato de polivinilo, sufre una lenta degradación térmica a temperatura ambiente con la formación de ácido acético, incremento del amarilleo, adopción de color pardo, pérdida de solubilidad y aumento del peso molecular. *Ibid.*, p. 35. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, pp. 346-347.

⁷³⁹ *Ibidem.*

⁷⁴⁰ *Ibid.*, p. 346.

⁷⁴¹ VAILLANT CALLOL, M., DOMÉNECH CARBÓ, M^a T., VALENTÍN RODRIGO, N. *Una mirada hacia la conservación preventiva del Patrimonio Cultural*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2003.

La Tabla 39, realizada por Feller y publicada en la obra *Standards in the evaluation of thermoplastic resins* en 1978, muestra una clasificación de los polímeros en cuanto a su estabilidad⁷⁴².

Tabla. 39. Clasificación de la estabilidad de los polímeros según Feller.

Tipo	Características	Polímeros
T	Material inestable Uso inferior a 6 meses	Gomas cloradas e isoprenos, Nylon soluble, PVC.
C	Material poco estable Duración inferior a 20 años	Colofonia, aceite de lino, goma laca, algunas resinas poliésteres, acrílicas y epoxídicas, Nitrato de celulosa. Polimetilacrilato (MA), Polietil-acrilato (EA)
B	Material estable Duración de 20 a 100 años	Poli-n-Butil-Acrilato (nBA), Polibutylmetacrilato (nBMA e iBMA)
A2	Material muy estable Duración mayor a 100 años	Polimetil-Metacrilato y Polietil-Metacrilato (MMA y EMA) Paraloid® B-72
A1	Material excepcionalmente estable Duración superior a 500 años	No existen referencias para polímeros sintéticos, pues su uso es relativamente reciente.

Según lo anteriormente expuesto, podemos hacernos la idea de que uno de los principales problemas en las intervenciones de estabilización, viene con la aparición del oscurecimiento y amarilleo. Estos, unidos al incremento o merma del brillo, podrían ser hasta cierto punto permitidos en las intervenciones de adhesión, pero no en las de consolidación, mucho más exigentes en cuanto a los requerimientos de intervención.

A estos inconvenientes, tendríamos que añadir el problema de la pérdida o aumento de adhesión y cohesión, la aparición de pegajosidad, de rigidez, el encogimiento, que el adhesivo se vuelva quebradizo, etc. Cambios que automáticamente pondrían en peligro los tratamientos realizados. La pérdida de solubilidad, si bien en el ámbito de los materiales protectivos o de recubrimiento es intolerable, en los tratamientos de estabilización, debemos partir de la base de la no reversibilidad de dichas intervenciones. Esto significa que el camino a seguir es el de la retratabilidad (ver Capítulo 7).

Otro problema del envejecimiento de los polímeros sintéticos, es el de la migración de aditivos como tensioactivos, estabilizantes, antifementativos, plastificantes, etc., sobre todo en las emulsiones acrílicas. Esto, puede llegar a producir el aumento de la Tg del material, de la rigidez y fragilidad, así

⁷⁴² HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 31. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 30.

como la aparición de grietas, fracturas y fallos diversos en el estrato adhesivo. Además, pueden ser fotosensibles, dar coloración, alterar químicamente y/o catalizar la degradación del film, etc⁷⁴³. En el caso de emplear adhesivos comerciales, es mejor elegir aquellos que contienen la menor cantidad de impurezas, antioxidantes estables, y un mínimo de solventes y plastificantes. Una alternativa sería la de desarrollar pruebas de envejecimiento de aquellos adhesivos que consideramos emplear⁷⁴⁴. De igual modo, dichos polímeros pueden aumentar su poder adhesivo con el envejecimiento, poniendo en riesgo la estabilidad de la unión⁷⁴⁵.

6.2.3.4.2. Estabilidad frente a agentes biológicos:

Tanto los materiales constitutivos de las obras como los introducidos en las intervenciones de restauración, ya sean de origen natural o sintético, son susceptibles de ataque biológico. Si bien, existen condiciones ambientales, tales como las atmósferas viciadas, las temperaturas elevadas (22-30°C) y los altos niveles de Humedad Relativa (40-75%)⁷⁴⁶, que favorecen estos ataques, frente a los que debemos considerar la posibilidad de que las obras regresen a sus condiciones de origen, seleccionando adhesivos y consolidantes lo más estables posible a dichos agentes (ver apartado 4.1).

⁷⁴³ Los aditivos no suelen identificarse en las fichas técnicas, pues caracterizan la fórmula comercial. Su migración se produce en las plastificaciones de los polímeros de tipo externo, mientras que en las internas no se da debido a su síntesis por copolimerización. *Ibid.*, pp. 67-70. ORTEGA DOMÉNECH, J. *Op. cit.* p. 12.

⁷⁴⁴ VV.AA. *Science for Conservators. Op. cit.*, p. 105.

⁷⁴⁵ Los acrílicos pierden elasticidad y aumentan su fuerza (los butilacrilatos reticulán). El Plextol® B500 es el acrílico más débil y el Lascaux® 360HV el más fuerte al mantenerse pegajoso y aumentar su fuerza hasta dar problemas de reversibilidad. Parámetros como la temperatura, tipo de disolvente, reactivación con solvente, presión y tiempo ejercidos pueden influir en la fuerza de la adhesión. KARSTEN, I., DOWN, J. "The effect of adhesive concentration, reactivation time, and pressure on the peel strength of heat and solvent-reactivated Lascaux 360/498 HV bonds to silk". *ICOM 14th Triennial meeting*. The Hague, 12-16 September 2005. London: James & James, 2005, pp. 927-935.

⁷⁴⁶ CAPPITELLI, F., SORLINI, C. "Microorganisms attack synthetic polymers in items representing our cultural heritage". *Applied and Environmental Microbiology*, 74, 3, 2008, pp. 564-569. Cfr. ABDEL-MAKSOU, G. "An Evaluation of Selected Applied Polymers for the Treatment of Parchment". *Proceedings 15th WCNDT*. [En línea]. Roma: AIPnD, 2000. BORGIO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 40-42.

Según se ha reportado, el ataque puede producirse tanto sobre el mismo polímero como sobre los aditivos empleados en su fabricación (plastificantes). Así mismo, parece ser que las dispersiones acuosas presentan una mayor susceptibilidad de ataque, aunque hay excepciones⁷⁴⁷.

Destacan algunos estudios, como los de Heyn, Petersen y Krumbein, que revelan la resistencia, a agentes biológicos asociados a pintura mural, de los polímeros sintéticos Paraloid® B72 y Primal® AC33. Según otras fuentes, el Mowiol®, Mowilith®, Plextol® B-500 y el Paraloid®, B72 en contraposición con las investigaciones anteriores, pueden ser colonizados por microorganismos al emplearse como consolidantes de pintura mural, en presencia de humedades altas⁷⁴⁸.

El trabajo publicado en 2000 por Omar Abdel-Kareem sobre la resistencia fúngica de consolidantes y resinas en el tratamiento de lino arqueológico (resinas vinílicas, acrílicas, poliamidas, éteres de celulosa, etc.) concluyó que tras la aplicación de los productos testados, todas las piezas eran susceptibles de ataque biológico.

Si bien, algunos consolidantes, como la Beva® 371, el Plexisol P-550® eran capaces de retardar dicho ataque. El Paraloid® B-72, se encontraba junto a los anteriores, entre los más resistentes⁷⁴⁹. Sin embargo, recientemente se ha descubierto que el Plexisol® P550, junto a otros materiales sintéticos, aumenta la concentración bacteriana. Y que la Beva® 371 no bloquea la formación de esporas, algo que no se esperaba⁷⁵⁰.

6.2.3.4.3. Reactividad con los materiales constitutivos:

El estudio realizado para el tratamiento de los semilunetos de la *Galleria Vittorio Emanuele II (Galleria d'Arte Moderna di Milano)*, identifica entre otras cuestiones, los tipos de interacciones que pueden darse entre los adhesivos y

⁷⁴⁷ *Ibid.*, pp. 40-41.

⁷⁴⁸ GÓMEZ, M^aL. *Op. cit.*, p. 351.

⁷⁴⁹ Los menos resistentes: Mowilith® DM5 y DMC2. ABDEL-MAKSOU, G. *Op. Cit.* pp. 1 y 7.

⁷⁵⁰ VV.AA. "Studi preparatori finalizzati al restauro di due dipinti su tela dell'Ottocento". *L'Attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutare l'efficacia 2*. Atti Congresso CESMAR7 Milano, 2008. Padova: Il Prato, 2009.

los materiales de los sustratos (oxhidrilo, oxidativo e iónico), dándonos una idea de la fuerza de la unión y de la reversibilidad del tratamiento⁷⁵¹.

Para demostrarlo y determinar el poder consolidante de 12 adhesivos naturales y sintéticos en solución (funori, Klucel® G, cola de pieles, cola de esturión, Aquazol® 200 y 500, Gelvatol®, Plectol® B500, Acril® 33, Paraloid® B72, Beva® 371 y Plexisol® B550), se aplicaron sobre algunos materiales existentes en las obras (arcilla, ocre amarillo, tierra sombra tostada, bermellón, carbonato cálcico, sulfato cálcico, etc.) y se realizaron diversas pruebas de comportamiento mecánico⁷⁵². Entre los resultados destaca el alto poder consolidante del Klucel® G aplicado sobre bermellón, el de la cola de pieles sobre tierra sombra tostada, o el del funori sobre carbonato cálcico. Así mismo, además del poder de adhesión, debe valorarse la resistencia a la rotura tras el tratamiento.

Algunos pigmentos blancos, como el dióxido de titanio, actúan como catalizadores activando las reacciones químicas de oxidación de los polímeros (los cuales además, pueden influir negativamente en el deterioro de los objetos: ej. Paraloid® B72)⁷⁵³.

Ciertas interacciones pueden darse también entre las proteínas y los pigmentos (por ejemplo, los pigmentos ácidos en presencia de agua, pueden favorecer la hidrólisis del aglutinante y/o la formación de sales)⁷⁵⁴. De igual forma, hay que tener cuidado con muchos polímeros solubles en agua, como los alcoholes polivinílicos y los derivados de celulosa, debido a su capacidad de interaccionar fuertemente y de modo irreversible con grupos reactivos en objetos degradados⁷⁵⁵. Pues, todavía no se conoce totalmente cuál es su respuesta ante los factores ambientales, y cuál su interacción con los elementos constitutivos de las obras.

⁷⁵¹ ROCHE, A., OTTOLINI, S., RIGGIARDI, D. *Op. Cit.*, p. 137. WOLBERS, R. "Valutazione a breve e lungo termine delle proprietà e delle interazioni di adesivi e consolidanti. Atti Congresso CESMAR7. Milano, 21-22 novembre 2008. Saonara: Il Prato, 2009. Cfr. BORGIOI, L. "Sempre più Aquazol". Bolletino. [En línea]. C.T.S Italia. <www.ctseurope.com>. [Consulta: 21/08/09].

⁷⁵² *Ibidem*.

⁷⁵³ HORIE, C.V. *Op. cit.*, pp. 35-36. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 351.

⁷⁵⁴ NEWMAN, R. *Op. cit.*, p. 35.

⁷⁵⁵ *Ibid.*, p. 74.

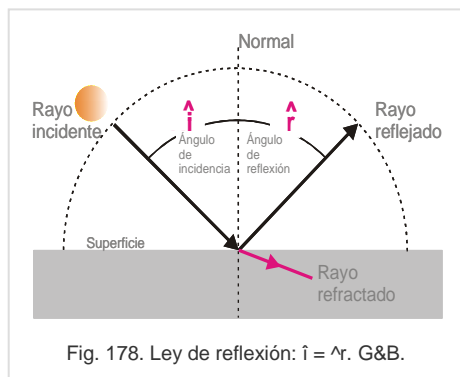
6.3. PROPIEDADES ÓPTICAS DE LOS ESTRATOS A ESTABILIZAR:

Tal y como señalamos en anteriores capítulos, las obras pictóricas contemporáneas, pueden presentar acabados mates, satinados o brillantes, así como distintos grosores y texturas, muchas veces de forma combinada en una misma obra. Cada uno de estos acabados aglutinan una gran diversidad de técnicas y materiales, y pueden ser producto de la intencionalidad del artista, resultado de los propios materiales y técnicas empleadas o efecto de un proceso de alteración.

Previamente a plantear cuáles son los sistemas o tratamientos existentes para su intervención, debemos ahondar en las características ópticas de estas pinturas y la relación pigmento-aglutinante, como clave para entender los requisitos que deben reunir las intervenciones, así como algunos de los problemas que posteriormente se dan en su tratamiento.

6.3.1. Interacción de la luz con las superficies: mate o brillante:

Dejando al margen el tema del color, podemos preguntarnos ¿por qué un film pictórico posee una apariencia mate, semi-brillante o brillante? La respuesta tiene que ver básicamente con las interacciones luz-materia, que dan lugar a distintos fenómenos como la reflexión, absorción, refracción y transmisión, según las leyes ópticas⁷⁵⁶.



Cuando un haz de luz incide sobre un cuerpo, choca con la superficie reflejando parte de estos rayos (Fig. 178). En el caso de cuerpos opacos, el resto de esta luz también es absorbida, y en el de los cuerpos transparentes o semitransparentes, parte es absorbida como en el caso anterior, y parte es transmitida atravesando dicho cuerpo.

⁷⁵⁶ Cfr. GARCÍA FERNÁNDEZ, J., BOIX, O. *Edison-Aprendizaje basado en Internet*. [En línea]. <<http://edison.upc.edu>>. [Consulta: 22/08/07].

Según Matteini y Moles, los fenómenos de reflexión y absorción se dan al mismo tiempo, pues una porción de la luz que llega al objeto es reflejada y otra absorbida⁷⁵⁷.

Respecto a la interacción de la luz con los estratos pictóricos, E. Klein, citando a Williamson y Cummins, señala que la cantidad de luz reflejada de la superficie del film pictórico es una función del ángulo de la luz incidente, del índice refractivo del medio y de la topografía superficial del film. De forma que una parte de la luz que pasa de un medio a otro es reflejada en la interfase del medio. El resto, es refractada y entra en el segundo medio para ser de nuevo absorbida y aislada, tal y como determinan las propiedades ópticas de ese medio⁷⁵⁸.

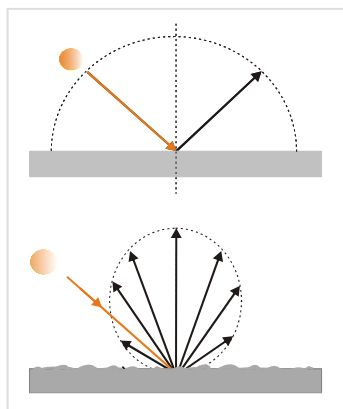


Fig. 179. Reflexión especular y difusa. G&B.

La apariencia mate o brillante de las superficies está influenciada por el **fenómeno de reflexión**, producido cuando la luz choca contra la superficie de separación de dos medios distintos (por ejemplo gas-sólido), rigiéndose por la ley de idéntico nombre⁷⁵⁹. Según la morfología física de las superficies, se producirá una reflexión especular, difusa o su diferente combinación (esto es, la luz saldrá reflejada en una u otra dirección), Fig. 179⁷⁶⁰. Si la superficie es lisa o pulida, el ángulo de luz reflejado desde la superficie es idéntico al ángulo de la luz incidente. En este caso toda la luz

reflejada lo hace en su mayor parte de forma regular y una única dirección (formando rayos paralelos).

⁷⁵⁷ MATTENI, M., MOLES, A, *Op. cit.*, p. 33.

⁷⁵⁸ KLEIN, E. *Consolidation of matte paint films*. [Tesis inédita Art Conservation Program]. Ontario: Queen's University, 1991, p. 1.

⁷⁵⁹ **Ley de reflexión:** si un rayo de luz llega a la superficie de separación de dos medios, una parte de esta es reflejada alejándose de la barrera y la restante, penetrando en el interior del cuerpo. Cumpliéndose dicha ley: ángulo de incidencia = ángulo de reflexión. GARCÍA FERNÁNDEZ, J., BOIX, O. *Op. cit.*

⁷⁶⁰ PEÑAS, J. "La luz y sus propiedades. Reflexión". *Educaplus*. [En línea]. Educaplus© 2007. <www.educaplus.org/luz/reflexion.html>. [Consulta: 17/08/07].

EC: 10 $G_s(\theta) = 100 L_{sam}(\theta) / L_{ref}(\theta)$

Donde: $G_s(\theta)$: Brillo especular.
 $L(\theta)$: Radiación reflejada
especularmente en el ángulo θ .

A este fenómeno se le denomina **reflexión especular**, siendo el responsable de la apariencia brillante de un material⁷⁶¹, el cual puede definirse como (EC: 10):

“La relación del flujo luminoso reflejado por un objeto en la dirección especular, para una fuente y un ángulo de recepción específicos, respecto al flujo luminoso reflejado por un vidrio con un índice de refracción de 1,567 en la dirección especular”. Ver fórmula EC: 10⁷⁶².

Los estratos pictóricos ricos en aglutinante tienen las superficies lisas y duras, por lo que al incidir una mayor proporción y de forma predominantemente este tipo de reflexión, dan brillo. A diferencia de la anterior, la **reflexión difusa** se da en superficies rugosas reflejando la luz incidente de forma irregular y en todas las direcciones, como en el caso de los materiales granulados, los pigmentos y las pinturas mates⁷⁶³. Por tanto, puede decirse que estas últimas tendrían una reflectancia especular baja⁷⁶⁴.

Las amplitudes de las ondas reflejadas y refractadas (o transmitidas), en función de la onda incidente y su amplitud, se ponen en relación mediante las denominadas ecuaciones de Fresnel, las cuales no entraremos a detallar. Así, el grado de brillo/mate dependerá de lo ópticamente plana o rugosa que sea una superficie⁷⁶⁵. Cotidianamente empleamos estos términos para

⁷⁶¹ La superficie de un cuerpo posee características especulares cuando es completamente lisa y sus irregularidades son de menor tamaño que las longitudes de onda de la luz incidente. Sería el caso de los espejos. MATTENI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 33. KLEIN, E. *Op. cit.* p. 1.

⁷⁶² Para definir la escala de brillo especular, se asigna el valor 100, para geometrías de 20°, 60° y 85°, a un vidrio negro pulido con un índice de refracción de 1,567. AENOR. *Pinturas y Barnices. Determinación del brillo especular de películas de pintura no metálicas a 20°, 60° y 85°*. UNE-EN ISO 2813. Madrid: AENOR, noviembre 1999, p. 5. Fórmula: DE LA RIE, R. *Varnish Studies. The Properties of Resins Used for Varnishing and Retouching of Paintings*. Parte 4. Curso MNCARS, 8 abril de 2011. [Consulta: 26/04/11]. <<http://ge-iic.com/>>., pp. 37-41.

⁷⁶³ A diferencia de la reflexión especular, si la superficie no es lisa las irregularidades de la misma tienen una magnitud similar a las longitudes de onda de la luz incidente. MATTENI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, pp. 33-34.

⁷⁶⁴ PEÑAS, J. *Op. cit.* KLEIN, E. *Op. cit.* p. 1.

⁷⁶⁵ DE LA RIE, R. *Varnish Studies. Op. cit.*, p. 37. Una superficie brillante refleja la mayor parte de la luz que incide en ella. UILMAC. [En línea]. ©Unión de

expresar estos grados de menor a mayor brillo: mate < semimate < satinado < semibrillante < brillante < muy brillante.

Según la literatura especializada, para un mismo color, las superficies brillantes (lisas) aparecen más oscuras y con un croma más elevado que las mates (rugosas), que contrariamente se perciben más luminosas y menos saturadas debido a la reflectancia difusa⁷⁶⁶. Además, a causa de otros fenómenos, una gran proporción de la luz que entra en un *film* liso se refleja internamente, incrementando la probabilidad de interacción entre la luz y las partículas de pigmento, decreciendo la cantidad de luz blanca que es reflejada desde la superficie⁷⁶⁷.

A la proporción expresada en % de luz reflejada por una superficie, se le denomina **reflectancia**. Obtenida al comparar los lúmenes que inciden en ella (iluminancia) con los que refleja (luminancia), según la EC: 11:

$$\text{EC: 11} \quad \text{Reflectancia} = \text{luminancia (nits)/iluminancia (luxes)} \cdot 100$$

El **índice de refracción** ($n = c/v$ (EC: 12)) es el cociente de la velocidad de la luz en el vacío (c) y la velocidad de la luz en el medio cuyo índice se calcula (v)⁷⁶⁸. Una medida empleada para conocer el grado de reducción de la velocidad de la luz o de otro tipo de ondas, dentro del medio. Así se explica también como los barnices atenúan la difusión, cambiando el índice de refracción del pigmento y amortiguando o eliminando la difusión blanquecina, permitiendo distinguir mejor el color de cada pigmento. Dichas capas producen también una leve disminución de la intensidad de la luz, percibiendo los estratos más oscuros a causa del fenómeno de reflexión especular⁷⁶⁹.

industriales litógrafos de México, A.C. 2008. <<http://uilmac.com.mx>>. [Consulta: 23/08/07].

⁷⁶⁶JOHNSTON, R., FELLER, R. "Optics of Paint Films: Glazes and Chalking". *Application of science in examination of works of art*. Boston: MFA, 1967, p. 92. JOHNSTON, R., FELLER, R., BAILIE, W. "An analysis of the optics of paint glazes: Fading". *Science and technology in the service of conservation*. London: IIC, 1982.

⁷⁶⁷KLEIN, E. *Op. cit.* pp. 1-2.

⁷⁶⁸ Cfr. UPV. Búsqueda: "índice de refracción". [En línea]. E.U.I.T.I. Eibar UPV. 2010. <www.sc.ehu.es>. [Consulta: 03/08/09].

⁷⁶⁹HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Ed.). *Matte Paint. Its history and technology, analysis, properties, and conservation treatment with special*

6.3.2. Relación pigmento-aglutinante y propiedades del estrato:

La apariencia mate, satinada o brillante de una pintura también está relacionada con la proporción de partículas de pigmento respecto a las de aglutinante, presentes en un film seco. Las relaciones pigmento-aglutinante pueden explicarse mediante una serie de conceptos como son la Concentración o Concentración crítica de volumen de pigmento, basadas en relaciones de volumen en lugar de peso, las cuales poseen una influencia directa sobre las propiedades de las capas pictóricas⁷⁷⁰. Se trata de unos valores fundamentales para la industria química, por lo que respecta a la fabricación de pinturas con diferentes funciones protectoras como las anti-corrosivas⁷⁷¹, al igual que para la disciplina de la conservación restauración en cuanto al éxito de las intervenciones sobre pinturas mates, entre otras.

EC: 13 $PVC = V_P / (V_P + V_B) \cdot 100$

Donde:

V_P (volumen de pigmento) = peso del pigmento/densidad de las partículas.

V_B (volumen de aglutinante) = peso del aglutinante seco.

$V = P/Ps$. Donde: P: peso y Ps: Peso específico.

La **Concentración de volumen de pigmento** (*Pigment Volume Concentration* o *PVC*), se define como la expresión del porcentaje del volumen de partículas de pigmento a escala microscópica, en un medio para un área determinada de film seco (EC: 13), Fig. 180⁷⁷².

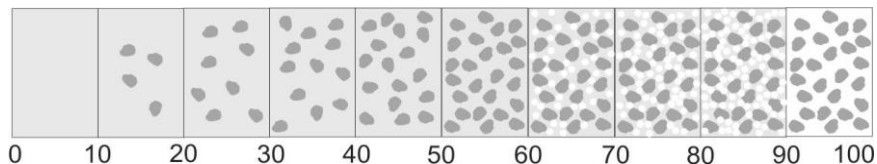


Fig. 180. Escala aproximada de PVC. Hansen et Al., según Asbeck.

emphasis on ethnographic objects. A Bibliographic Supplement to AATA. California: GCI, 1993, p. 39.

⁷⁷⁰ HANSEN, E., LOWINGER, R. *Op. cit.*, pp. 13-16. HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Ed.) *Op. cit.*, p. 37.

⁷⁷¹ GUY, A. "The Science and Art of Paint Formulation". *The Chemistry and Physics of Coatings*. C. 11. 2nd Edition. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2004, p. 319.

⁷⁷² En adelante *PVC*. KLEIN, E. *Op. cit.*, p. 1.

Siguiendo el esquema planteado por Asbeck en los años 90, a un 0% de *PVC*, un film pictórico estaría formado enteramente por polímero, mientras que a un 100% sólo hallaríamos partículas de pigmento⁷⁷³. A medida que el porcentaje de aglutinante disminuya habrá un aumento de espacios vacíos entre las partículas de pigmento, produciéndose un incremento del *PVC*, y con ello, una variación de las propiedades de los estratos.

El gráfico anterior representa un sistema pictórico ideal donde todos los pigmentos tienen el mismo tamaño e índice de refracción, con incrementos del 10% según Asbeck⁷⁷⁴.

Al incrementar el *PVC*, aumenta la porosidad del *film* pictórico⁷⁷⁵. Y con ello la permeabilidad y la apariencia mate, así como la disminución la resistencia y de la capacidad de extenderse, lo cual explica el motivo de que frecuente una pintura porosa necesite ser consolidada⁷⁷⁶. Disminuyendo este valor, obtendremos capas más brillantes, menos porosas, impermeables y de mayor resistencia.

Distintas investigaciones han establecido unos rangos aproximados, de forma que las pinturas normales serían aquellas con un 50-60% de *PVC*, 80-95% de *PVC* las magras y entre un 99 y 100% de *PVC* para las pulverulentas. Por tanto la concentración de pigmento se halla típicamente entre un 50%-85% o 15%-50% de aglutinante⁷⁷⁷.

⁷⁷³ GUY, A. *Op. cit.*, p. 320.

⁷⁷⁴ Gráfico basado en original de: HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Ed.). *Op. cit.*, pp. 36-38.

⁷⁷⁵ KLEIN, E. *Op. cit.*, p. 2. Cfr. LORNE, A. "An approach to the problems of consolidation of matte paint layers in ethnographic collections". *Het behoud vat etnografische collecties*. Amsterdam: C.L.V.O.N.V.V.K. Wetenschap, 1995, pp. 33-49.

⁷⁷⁶ Estudios realizados por Asbeck y Van Loo en los años cuarenta. Citado por: HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Ed.) *Op. cit.*, pp. 36-37.

⁷⁷⁷ MICHALSKI, S. "Workshop on the Consolidation of Powdery Paint". October 30. Ottawa: CCI, 1991. Citado por: KLEIN, E. *Op. cit.*, p. 2.

Determinados materiales etnográficos con policromías mates y pulverulencia, han dado más de 90-95% de *PVC* (10%-5% aglutinante). El caolín, la creta o la tiza, forman capas opacas debido al bajo % de aglutinante empleado.

Cfr. HOUGH, M. "The Consolidation of Painted Ethnographic Objects". 11-29 June 1990, GCI. [En línea]. *WAAC Newsletter*, vol. 12, nº. 3, septiembre. Los Ángeles: WAAC, 1990. <<http://palimpsest.stanford.edu>>. [Consulta: 27/01/05], pp. 3-4.

Según Elm, existen diferentes factores que determinan el PVC de cada sistema pictórico y de ahí que afecten a su deterioro, como son el tamaño, la forma y la distribución de los pigmentos, las interacciones vehículo-pigmento, los sistemas de solvente del vehículo o los físicos de secado⁷⁷⁸.

En resumen, se trata de un valor decisivo para las propiedades físicas y mecánicas de las pinturas, caracterizando su comportamiento dada su influencia sobre la manufactura, aplicación, apariencia, contracción de las capas, resistencia, elongación, rigidez de un material, etc⁷⁷⁹. Tanto es así que la industria prefiere fabricar pinturas con bajo PVC, a fin de obtener productos con mayor durabilidad o con mejores propiedades ópticas. Sin embargo, en arte contemporáneo hallamos frecuentemente capas con un PVC elevado.

$$\text{EC: 14} \quad \text{BVC} = \text{B} / (\text{P} + \text{B}) = 100\% - \text{PVC}$$

Menos conocido, pero muy empleado en la tecnología pictórica es el término **Concentración de volumen de aglutinante** (*Binder Volume Concentration* o BVC, en inglés), (EC: 14)⁷⁸⁰.

Un valor especial del PVC, es el denominado **Concentración crítica de volumen de pigmento** (*Critical Pigment Concentration* o CPVC). Definido como la concentración del volumen del pigmento (PVC) en la que se tiene suficiente resina para llenar los intersticios entre todas las partículas de pigmento tras la evaporación de los disolventes y diluyentes. Es decir, que se alcanza el CPVC cuando todos los huecos entre las partículas de pigmento se rellenan con aglutinante y la superficie del pigmento queda totalmente empapada⁷⁸¹ (EC:15).

EC: 15

$$\text{CPVC} = 1 / (1 + \text{OA} \rho / 93.5) \cdot 100$$

Donde: OA = Absorción del aceite. ρ = Gravedad específica del pigmento.

⁷⁷⁸ ELM, A. "Some mechanical properties of paint films". *Official Digest*. 25 November. *Sine loco*: 1953, pp. 751-774.

⁷⁷⁹ CIVIL PLANS, I. *The matter paintings of Antoni Tàpies: a study of some mechanical properties of contemporary alkyd paint layers with high pigment volume concentration*. Kingston: Queen's University, 2000, pp. 42-48. KLEIN, E. *Op. cit.*, pp. 1-2. HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Ed.). *Op. cit.*, p. 36.

⁷⁸⁰ CIVIL PLANS, I. *Op. cit.*, p. 42. GUY, A. *Op. cit.*, p. 321.

⁷⁸¹ KLEIN, E. *Op. cit.*, p. 2. HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Ed.). *Op. cit.*, p. 36.

Aunque la *CPVC* debe determinarse experimentalmente para cada pigmento y vehículo, estudiando el efecto de la composición de cada capa sobre las propiedades físicas, este valor puede estimarse mediante la medición de la absorción de aceite según la anterior ecuación⁷⁸². No obstante, al igual que ocurre con el *PVC*, pueden darse unas cifras generales de carácter orientativo. Patton establece unos valores de 40% a 65% para pinturas tradicionales al óleo, mientras que para Feller y Kunz generalmente el *CPVC* se da entre 30%-65% de *PVC*⁷⁸³.

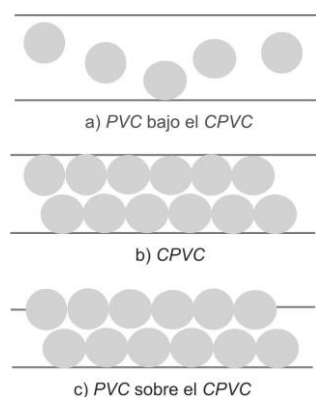


Fig. 181. Relaciones entre PVC-CPVC. Guy.

En condiciones ideales de envasado romboédrico de esferas perfectas de partículas de pigmento, los huecos ocuparían el 26% de los espacios disponibles, alcanzando un *CPVC* teórico del 74%. Según este modelo, una pintura con un exceso de aglutinante cubriendo la superficie tiene un valor de *PVC* por debajo del *CPVC* (a), dando como resultado una superficie lisa y brillante. Mientras que si este valor está por encima debido a la cantidad de espacios vacíos o interfases aire-pigmento presentes, la superficie será porosa y mate (c). Ver Fig. 181⁷⁸⁴.

⁷⁸² El cálculo de la *CPVC* a través de la absorción de pigmento es más una coincidencia práctica, de gran utilidad en la formulación de pinturas. Guy señala que para estimar el punto en el que se alcanza la *CPVC*, se realiza una medición de la absorción de aceite del pigmento al formar una masa coherente expresando el resultado como el peso del aceite absorbido en 100 gr de pigmento (normalmente linaza). El Valor varía dependiendo de las propiedades de dispersión del polímero. Las partículas pequeñas rellenan los huecos entre las grandes disminuyendo la porosidad. Generalmente, los pigmentos o mezclas con valores altos de absorción de aceite dan un bajo *CPVC*, mientras que si son bajas, el *CPVC* es alto. GUY, A. *Op. cit.*, pp. 320-321. CAMPINS DE CODINA, A. *Tecnología química de los barnices y pinturas*. Barcelona: Ed. Reverté, 1951, pp. 124-127. CIVIL PLANS, I. *Op. cit.*, pp. 42-43.

⁷⁸³ *Ibidem*. HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Ed.). *Op. Cit.*, p. 36.

⁷⁸⁴ Cfr. FELLER, R., KUNZ, N. "The effect of pigment volume concentration on the lightness or darkness of porous paints". AIC Preprints 9th A.M. Philadelphia, PA. Washington D.C., p. 67. Citado por: CIVIL PLANS, I. *Op. cit.*, p. 43 y KLEIN, E. *Op. cit.*, p. 2.

Se trata del punto idealizado en el cual la capa pasa de ser un sistema poroso a uno sólido y por tanto, como valor en estrecha relación con el *PVC*, afecta a las propiedades de las capas pictóricas⁷⁸⁵.

Tanto es así, que la industria ha estudiado ambos conceptos a fin de determinar cual era el punto en el que se alcanzaba el *CPVC* con motivo de mejorar las propiedades mecánicas y cualidades estéticas, obteniendo así mayores beneficios, etc. Las pinturas formuladas según el *CPVC*, poseen unas propiedades específicas, como las relacionadas con la durabilidad: máxima resistencia a la corrosión, resistencia máxima a la transmisión de iones y moléculas a través del *film*, a la aparición de ampollas por acción del calor, propiedades impermeabilizantes, adhesión, etc.⁷⁸⁶.

Enlazando con las ideas expuestas en los párrafos anteriores, cabe insistir en la influencia del *PVC* y *CPVC* en las propiedades de los *films* pictóricos⁷⁸⁷. Así, el módulo de elasticidad de un estrato aumentará con el *PVC*, de modo que cuanto más regular sean las partículas y la estructura, mejor el comportamiento mecánico⁷⁸⁸.

Por lo que respecta a las propiedades ópticas, la cantidad de interfases aire-pigmento dadas en un *film* seco determinarán el área hacia la cual la luz será difusamente reflejada⁷⁸⁹.

Alrededor de un 41% de *PVC* se produce un incremento agudo de la reflectancia, mientras que si es inferior, todos los huecos entre las partículas de pigmento están rellenas con aglutinante, lo que significa que aumentará el brillo. Si el *PVC* está sobre el *CPVC*, el brillo decrece rápidamente⁷⁹⁰.

⁷⁸⁵ GUY, A. *Op. cit.*, p. 320. KOLESKE, J.V. (Ed.). *Paint and Coating Testing Material*. Philadelphia: ASTM, 1995, p. 303.

⁷⁸⁶ Para optimizar la acción protectora o la durabilidad de una pintura hay que considerar otros factores como el volumen y cantidad correcta del pigmento anticorrosivo. Poniendo como ejemplo el blanco de titanio, propiedades como el color, opacidad o brillo están determinadas por el índice de refracción y el tamaño de partícula. *Ibid.*, pp. 321-322.

⁷⁸⁷ HANSEN, E., LOWINGER, R. *Op. cit.*, pp. 13-16.

⁷⁸⁸ ROCHE, A. *Op. cit.*, pp. 61-72.

⁷⁸⁹ KLEIN, E. *Op. cit.*, p. 2.

⁷⁹⁰ FELLER, R., KUNZ, N. "The effect of pigment volume concentration on the lightness or darkness of porous paints". AIC Preprints of the 9th annual meeting Philadelphia. Washington: AIC, 1981, p. 70. TEMME, K. "Mediciones del brillo y

Feller y Kunz, demostraron que la luminosidad, claridad, ligereza y delicadeza de una pintura con un elevado *PVC* sobre el *CPVC*, incrementan a medida que lo hace el *PVC*⁷⁹¹. Es decir, cuando el volumen de pigmento supera al de aglutinante y la porosidad de la capa aumenta.

Un estrato pictórico puede tener una apariencia más clara y mate debido a la rugosidad superficial. Esto ocurre porque a medida que aumenta el *PVC* las partículas de pigmento sobresalen cada vez más sobre el aglutinante y la luz es reflejada de forma difusa, siendo mezclada aditivamente como blanco a lo lejos. Al contrario, las partículas sobresalen de forma mínima y la luz reflejada se percibe como satinada o brillante⁷⁹².

Técnicas como el *gouache*, los temple de cola y caseína, el pastel proporcionan efectos típicamente mates. Además, dicho efecto puede obtenerse mediante el sistema de aplicación y/o el uso de agentes matificadores como la sílice, la cera microcristalina, los copolímeros de etileno/vinil acetato⁷⁹³.

Para concluir, señalar que Feller y Kunz demostraron que el fenómeno de oscurecimiento de pinturas con elevado *PVC* tras un tratamiento de consolidación, era resultado del rellenado de los espacios entre las partículas de pigmento y no debido a diferencias en los índices de refracción del pigmento y del polímero empleado como se pensaba originalmente⁷⁹⁴.

grado de pulverulencia". *Restauración de pintura contemporánea*. Madrid: Ed. Akal-Istmo, 2003, p. 82-85.

⁷⁹¹ *Ibid.*, p. 69.

⁷⁹² Cuanto más fina sea la molienda del pigmento mayor la difusión. Que por otro lado, depende de los índices de refracción del pigmento y del aglutinante. HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Ed.). *Op. cit.*, p. 5.

⁷⁹³ HORIE, C.V. *Op.Cit.*, p. 106.

⁷⁹⁴ FELLER, R., KUNZ, N. pp. 66-74. ELIAS, M., SINDACO, C. "Le refixage et la consolidation des peintures non vernies. Une collaboration entre scientifique et restaurateur". *Support/Tracé*. nº 6. Paris: ARSAG, 2006.

A black and white photograph showing a close-up of a dental procedure. A hand is visible on the left, holding a dental instrument (possibly a scaler or explorer) against a patient's teeth. The background is dark and out of focus. A bright pink rectangular box is overlaid in the center of the image, containing the text '7. SISTEMAS DE ADHESIÓN Y CONSOLIDACIÓN' in white, bold, uppercase letters.

7. SISTEMAS DE ADHESIÓN Y CONSOLIDACIÓN

7. SISTEMAS DE ADHESIÓN Y CONSOLIDACIÓN EN PINTURA ACTUAL

El planteamiento de una intervención de estabilización comienza en el momento en que la integridad de la obra corre peligro, debido al riesgo de pérdida de materia, ya sea en forma de escamas o de pequeñas partículas.

Salvo excepciones, se trata de intervenciones comunes que acostumbran realizarse de forma puntual. En dichos tratamientos suelen emplearse tanto sustancias naturales como sintéticas, si bien, tanto las intervenciones de consolidación como las de adhesión requieren tratamientos especializados, máxime al tratarse de obras contemporáneas en las que hallamos superficies monocromas, planas o con texturas, y con acabados que van del mate al brillante.

A la hora de plantear y diseñar una intervención de fijación y/o consolidación debemos conocer tanto las principales características de los estratos pictóricos a intervenir, sus tipologías y causas de alteración, como las propiedades físico-químicas de las sustancias filmógenas seleccionadas y las particularidades de los sistemas de trabajo a aplicar.

Tras dedicar varias secciones a algunos de estos temas, este capítulo pretende llevar a cabo una revisión de las distintas metodologías de intervención empleadas en diversos centros y por distintos especialistas en el tratamiento de estabilización de estratos de color no protegidos en pintura contemporánea. Dicha revisión, ha sido posible gracias a una incesante búsqueda y lectura bibliográfica, al envío y recepción de formularios de consulta dirigido a diversos especialistas en la materia, así como debido al tratamiento directo de obras contemporáneas como técnico del IVC+R y *freelance* para diversos centros e instituciones.

Según lo anterior, el mencionado capítulo se divide en cuatro partes, una introductoria que arranca realizando un pequeño recorrido por los sistemas de estabilización tradicionales y los requeridos por la pintura actual, y que continúa con un protocolo para el diseño de una intervención, finalizando con un pequeño apartado dedicado a las protecciones temporales como tratamientos previos de estabilización. El segundo bloque está dedicado a las intervenciones de adhesión, y con idéntico esquema, le sigue un tercero sobre los tratamientos de consolidación; constituyendo ambas secciones el grueso del presente capítulo. Finalmente, el último bloque concluye abordando varios puntos sobre criterios de intervención, seguridad e higiene en las operaciones de estabilización y conservación preventiva.

7.1. SISTEMAS TRADICIONALES *VERSUS* ESTABILIZACIÓN DE PINTURA CONTEMPORÁNEA

Tal es la complejidad, diversidad y sensibilidad de las obras pictóricas contemporáneas en el ámbito material y conceptual, que su intervención requiere de la aplicación de tratamientos especializados y adaptados a cada pieza. Tanto es así, que los sistemas de intervención que habitualmente se aplican en pinturas tradicionales no terminan de dar respuesta a los problemas planteados por este tipo de obras, siendo en muchas ocasiones incompatibles⁷⁹⁵.

Por lo que a las intervenciones de estabilización se refiere, más allá de realizar tratamientos extensivos o aunar varias intervenciones en una sola operación, son preferibles las intervenciones puntuales, de tipo mínimo, llevadas a cabo incluso sin desmontar los bastidores⁷⁹⁶. Y sobre todo, diseñadas de forma diferenciada y reflexiva, pues algunas técnicas útiles para adherir pintura porosa escamada, no lo son para consolidar estratos pictóricos pulverulentos aun estando localizados en un mismo estrato.

En cierto modo los típicos sentados de color realizados en pintura tradicional, cuya idoneidad resulta cuestionable en el tratamiento de obras contemporáneas, pueden considerarse como tratamientos extensivos. Pese a que los materiales y técnicas dependen mucho de escuelas, en nuestro país, muchas veces los tratamientos sobre una obra clásica suelen comenzar de forma rutinaria con una protección total empleando papel japonés y un adhesivo proteico tipo cola de conejo o *coletta* italiana, o en su defecto, adhesivos sintéticos como la Beva® 371 en distintas proporciones. Tras la limpieza del reverso, se pasa a sentar el color añadiendo más cola y/o reactivando el adhesivo del empapelado a fin de fijar la pintura mediante la aplicación de temperatura, humedad/disolvente y presión. Intervención que

⁷⁹⁵ FIEUX, R.E. "Restoration technology for contemporary painting". *Leonardo*, vol. 15, nº 4, 1982, p. 286. Cfr. BURGESS, E. "Twilight of the West: Contemporary solutions for some contemporary problems". *Painting Conservation. Artonvieww*. 1 autumn, 1995. [En línea]. Canberra: © 2008 NGA. <www.nga.gov.au>. [Consulta: 22/06/08]. CADORIN, P. "Dangers de l'application des certaines techniques de conservation traditionnelles dans la restauration de oeuvres d'art du XXe siècle". *ICOM*, Madrid: ICOM, 1972.

⁷⁹⁶ CALVO, A. *Conservación y restauración de pintura sobre lienzo*. Barcelona: Ed. Del Serbal, 2002, p. 335. BERGER, G. "More unconventional treatments for unconventional art". *Studies in Conservation*. Nº 35. London: IIC, 1990, pp. 1-14.

además, permite relajar la pintura y corregir las deformaciones del soporte. Posteriormente, la protección es retirada reblandeciendo el adhesivo y el papel, con agua templada, White Spirit® u otro disolvente, según sea el caso.

¿Qué riesgos se correrían al tratar una obra actual de este modo? La aplicación no controlada de humedad, disolventes, temperatura y presión, puede tener efectos devastadores e irreversibles en una obra contemporánea. Las pinturas vinílicas y acrílicas son, a causa de su Tg, extremadamente sensibles a la temperatura y presión: las texturas podrían aplastarse quedando deformadas, producirse brillos en las superficies, o incluso quedar pegadas a otros materiales, etc.⁷⁹⁷. Los óleos recientes, además de ser sensibles a los anteriores, pueden mostrar cierta solubilidad al agua como se ha demostrado recientemente⁷⁹⁸. La aplicación de humedad puede causar la aparición de cercos y zonas oscurecidas, barridos o migración de materiales solubles, exfoliación de la capa pictórica, encogimientos y deformaciones de los soportes industriales, etc. Del mismo modo, los disolventes son capaces de reblandecer la pintura, dejándola pegajosa, mate y/o brillante, etc. El papel de la protección puede quedar adherido complicando su eliminación y el adhesivo empleado manchar la superficie.

Por otro lado, debemos ser cuidadosos con las intervenciones que aúnan dos o más tratamientos, tales como los reentelados en los que se aprovecha la temperatura para facilitar la penetración del adhesivo como medio de adherir la capa de preparación y/o pictórica (ya sea gacha, cera resina, Beva® 371, Plexisol® P550 o cualquier otro producto)⁷⁹⁹. ¿Estamos seguros de que un

⁷⁹⁷ VV.AA. *Caring for Acrylics: Modern and Contemporary Paintings*. Cologne: Axa Art-Tate, 2007. Cfr. SCMRE: *Care of acrylic paintings*. Gideline, Taking Care. [En línea]: SCMRE, Suitland, 2002. <www.si.edu/scmre>. [Consulta: 07/02/05]. Cfr. VV.AA. "The mechanical behavior of artists, acrylic paints with changing temperature and relative humidity". *Twentieth Annual Meeting of the AIC*. New York: AIC, 1992. Cfr. JABLONSKI, E., LEARNER, T., HAYES, J., GOLDEN, M. "Conservation concerns for acrylic emulsion paints: A literature review". [En línea]. ©*Golden Artist Colors, Conservation*. ©Golden Artist Colors, Inc. <www.goldenpaints.com>. [Consulta: 19/04/09].

⁷⁹⁸ BURNSTOCK, A., VAN DER BERG, K.J., GROOT, S., WIJNBERG, L. "An Investigation of Water-Sensitive Oil Paints in Twentieth-Century Paintings". *Modern Paints Uncovered*. Los Ángeles: GCI, 2007, pp. 177-188.

⁷⁹⁹ BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Le resine sintetiche usate nel trattamento di opere policrome*. Saonara: Il Prato, 2005.

mismo adhesivo y procedimiento es adecuado para adherir la tela de forración y adherir un estrato delaminado? ¿Cuáles son los efectos de estos tratamientos en una obra actual (Fig. 182-185)?



Fig. 182 y 183. Detalle aplicación cola y papel japonés. Sentado del color con plancha.



Fig. 184 y 185. Detalle desprotección. Reentelado mesa baja presión.

Volviendo a insistir en la sensibilidad de estas pinturas a la temperatura y presión, a la acción de los disolventes y humedad, no es difícil imaginar el resultado de la forración de un óleo reciente o de una pintura acrílica con empastes, empleando cera resina o Beva® 371⁸⁰⁰. En el primer caso, se requieren temperaturas sobre los 65°C y presiones que seguro pueden aplastar las texturas o provocar su oscurecimiento, aumento del brillo, manchado de las superficies, plastificación de los estratos, cambios de comportamiento mecánico, o lo que es lo mismo, hipotecar la obra para tratamientos futuros al quedar impregnada con el adhesivo del reentelado, etc. No hay más que recordar los problemas que ha causado el uso de la cera resina en la forración de pinturas contemporáneas⁸⁰¹.

Ya en los 70, Merha planteó la idea de separar ambas intervenciones (la forración de la fijación), siendo muchos los especialistas que actualmente defienden que la combinación de varios tratamientos en uno debe realizarse solo si es categóricamente necesario, también en pintura tradicional⁸⁰².

Sobre la amplia gama de adhesivos y consolidantes existentes, y concretamente sobre algunos referenciados con anterioridad (cera resina, Beva® 371 o Plexisol® P550), decir que por sí mismos no son ni buenos ni malos, ni inadecuados o poco recomendables, y que su selección y sistema de aplicación deberá responder a una seria reflexión sobre el tratamiento más adecuado según las características y patologías la obra en cuestión. Precisamente, Berger obtuvo excelentes resultados empleando Beva® 371 y métodos de trabajo adaptados, para el tratamiento de obras con superficies

⁸⁰⁰ Cfr. PAWEL, D. "La storia e l'aspetto di vecchi trattamenti di consolidamento a cera su opere d'arte policrome lignee al Museo di Storia Naturale ed Archeologia di Trondheim". *Atti Congresso CESMAR7*. Milano, 2006. Saonara: Il Prato, 2007, p. 180. FIEUX, R.E. *Op. cit.*, pp. 283-286.

⁸⁰¹ VV.AA. *Estudio sobre el estado de conservación del Guernica de Picasso*. Madrid: Ministerio de Educación y Cultura-MNCARS, 1998.

⁸⁰² BERGER, G., RUSSELL, W. *Conservation of Paintings. Research and Innovations*. London: Archetype, 2000, p. 125. MATTENI, M., MOLES, A. *Ciencia y restauración. Método de investigación*. Guipúzcoa: Nerea, 2001, p. 197. ROSSI DORIA, M. Apuntes curso: *Revisión de los tratamientos de consolidación estructural de la pintura sobre lienzo*. UPV. 22 al 25 de septiembre de 2009. Cfr. ROSSI DORIA, M. "Fenomeni di deterioramento su dipinte su tela: come costruire un approccio più meditato nei problemi dei consolidamento". *Atti Congresso CESMAR7*. Milano 2006. Saonara: Il Prato, 2007, p. 17.

delicadas de Karel Appel, Enzo Cucchi o Red Grooms⁸⁰³. De acuerdo con lo señalado anteriormente, se prefieren los sistemas de succión en frío o con muy bajas temperaturas y presiones⁸⁰⁴.

Descartar por tanto, algunos sistemas empleados en el pasado en pintura tradicional, desaconsejados actualmente. Como son el uso de disolventes fuertes como el cloroformo para bajar ampollas y cazoletas en pinturas quemadas y extremadamente poco flexibles, o el uso de plastificantes como el polietilenglicol y etilenglicol para flexibilizar pinturas a la cola y caseína⁸⁰⁵.

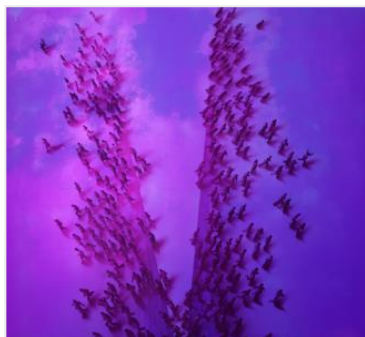


Fig. 186. Barniz sobre personajes. Foto UV *Secuencia 41*, Genovés.

Para finalizar, hacer referencia al uso que en ocasiones se ha hecho de los barnices al emplearlos como consolidantes y/o fijativos y a su casi obligatoria aplicación como paso último en la restauración de una obra (Fig. 186).

Las características exigidas a un barniz (transparencia, brillo, capacidad de nivelación, formación del *film*, saturación del color, etc.), los convierten en malos adhesivos. Además, en principio y con algunas excepciones

(protección de superficies con problemas de afinidad por la suciedad), una obra no debiera barnizarse a menos que el autor esté de acuerdo o concibiera la obra con este tipo acabado. Esto significa que los cambios producidos en una protección o fijación, o durante la estabilización no podrán ser disimulados mediante la aplicación de un barniz en una obra que no lo está. Por tanto no podemos recurrir a dichos productos para solucionar los problemas ocasionados durante las estabilizaciones. No olvidemos los casos documentados en los que la aplicación de intervenciones excesivas, que no han tenido en cuenta el acabado de las obras (brillo, satinado, mate, liso, rugoso), han provocado daños irreversibles.

⁸⁰³ BERGER, G. *Op. cit.*, pp. 1-14. BERGER, G. "Unconventional treatments for unconventional paintings". *Studies in Conservation*. N^o 21. London: IIC, 1976.

⁸⁰⁴ CALVO, A. *Op. cit.*, p. 333.

⁸⁰⁵ VILLARQUIDE, A. *La pintura sobre tela II. Alteraciones, materiales y tratamientos de restauración*. San Sebastián: Nerea, 2005, pp. 143-144.

7.2. ESTABILIZACIÓN DE PINTURA ACTUAL. PROTOCOLO PARA EL DISEÑO DE UNA INTERVENCIÓN:

Este apartado plantea el desarrollo de un protocolo para el diseño de intervenciones de estabilización de obras pictóricas contemporáneas. Se trata de un protocolo ideal, cuya única pretensión es la de orientar en el diseño de los tratamientos, y no la de establecer una guía standard para seleccionar los productos y sistemas de intervención. Pues, dichos materiales y metodologías de aplicación dependerán de múltiples y diversos factores entre los que se encuentran el tipo de materiales, concepto y tipología de alteración de la obra, opinión del artista, características de los adhesivos o consolidantes, maquinaria y herramientas auxiliares, e incluso de los recursos y tiempo disponibles.

Como veremos a continuación, este apartado se desarrolla en varios puntos que incorporan a la vez varias preguntas o consideraciones que debemos plantearnos. Cabe decir, que al aplicar dicho protocolo de trabajo no debe olvidarse que existen casos especiales que no tienen aplicación genérica y que requieren de planteamientos diseñados específicamente. También insistir en que una misma obra puede presentar diversas tipologías de alteración que requieran tratamientos diferenciados, y que las intervenciones suelen ser puntuales⁸⁰⁶. A su vez, debemos asumir los límites de la teoría y de los resultados obtenidos en las probetas, pues a la hora de trasladarlos a la práctica, hallamos múltiples variables que dificultan la aplicación de muchos principios desarrollados teóricamente, si bien nos ayudan a limitar los fallos y errores, allanando el camino hacia una mejor intervención.

7.2.1. Pasos previos a la intervención:

De acuerdo con lo señalado en los apartados precedentes, el planteamiento de una intervención de estabilización comienza en el momento en que existe un riesgo de pérdida de materia, con lo cual se ve comprometida la

⁸⁰⁶ CAGNA, M., RIGGIARDI, D. "Il controllo dei tempi di sublimazione del ciclododecano utilizzato come fissativo temporaneo". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti del congresso CESMAR7. Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, p. 100. Cfr. HANSEN, E. F., LOWINGER, R. "Materials and Methods for Consolidating Paint on Ethnographic Objects". [En línea]. *WAAC Newsletter*, vol. 13, nº. 1, junio. Los Ángeles: WAAC, 1991. <<http://palimpsest.stanford.edu>>. [Consulta: 27/01/05], p. 1.

estabilidad de la obra. Antes de plantear cualquier intervención de restauración, comenzaremos por realizar un examen organoléptico y diagnóstico, acompañado de una completa documentación gráfica y fotográfica, seguida de una extracción y análisis de muestras, y desarrollo paralelo de otros ensayos (realización de probetas, envejecimiento de materiales, pruebas de resistencia, etc. (Fig. 187)).

Aunque este tema no fue recogido en la encuesta realizada ni en el gráfico anexo, la puesta en contacto con el artista o en su defecto: herederos, asistente, historiadores del arte, críticos, etc., pueden ser cruciales en el diseño de la intervención.

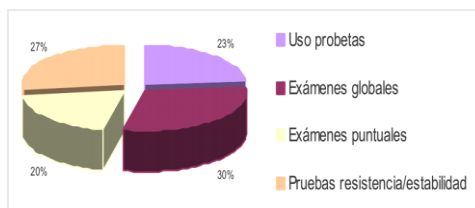


Fig. 187. Pasos previos a la realización de una intervención según los encuestados.

7.2.1.1. Examen organoléptico y diagnóstico. Documentación gráfica y fotográfica:

Para la gran mayoría de especialistas consultados, los principales factores que marcan el diseño de un tratamiento de consolidación y/o adhesión son la técnica y los materiales constitutivos, junto con la tipología y las principales causas de alteración⁸⁰⁷. La utilización de una lupa binocular o microscopio estereoscópico con monitor, la toma de fotografías (generales y de detalle, con luz rasante, transmitida, UV, etc.), así como la realización de gráficos de apoyo, nos serán de gran utilidad durante todo el proceso.

Tras estudiar la técnica y los materiales constitutivos, es esencial determinar el acabado (rugoso, liso, mate o brillante) y grosor de las capas, localizar las zonas dañadas, identificar la tipología de alteración y sus causas, así como determinar el número de estratos afectados. A su vez, es importante determinar si la superficie presenta suciedad y si existen adhesivos o consolidantes aplicados en intervenciones anteriores, junto al estado de la adhesión o cohesión⁸⁰⁸.

⁸⁰⁷ Fuente: Especialistas encuestados.

⁸⁰⁸ La existencia de un adhesivo determinará la forma de realizar un nuevo tratamiento compatible, valorando la viabilidad de una limpieza. HORIE, C.V. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*. London: Butterworth,

7.2.1.2. Puesta en contacto con el artista:

La puesta en contacto y entrevista con el artista, o en caso de fallecimiento, con herederos, asistente, galerista, historiadores del arte, crítico, instituciones, etc., son recomendables a fin de obtener información sobre los materiales y técnicas empleadas, sobre la importancia del acabado, como medio de comprobar qué es degradación y qué no lo es, e incluso, si es necesario, con motivo de obtener una autorización o establecer cómo y quién debe realizarla, etc. ¿Qué es más importante conservar el material o la continuidad estética de la superficie?, ¿debemos adherir las zonas levantadas o retirar el material y volver a reintegrar?

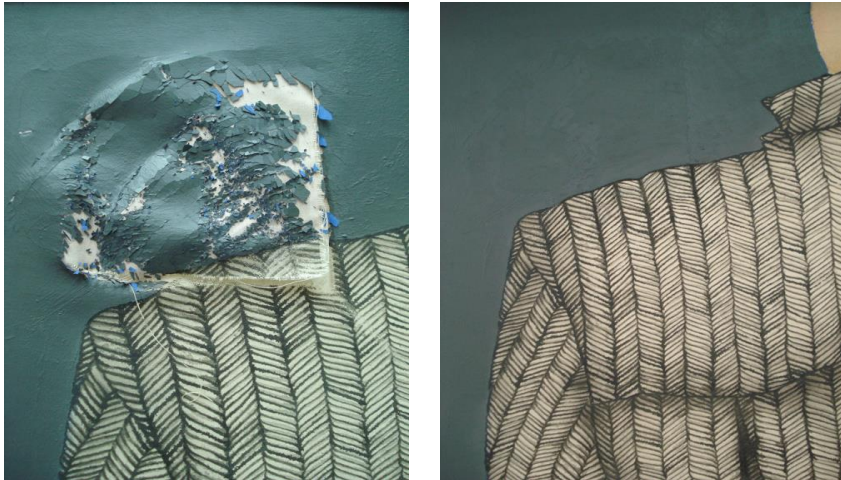


Fig. 188. Detalle. *El màgic tanca un cercle*. Solbes. Antes y tras intervención.

Un caso esclarecedor es el que nos proporciona la intervención de la obra *El màgic tanca un cercle*, 1986, pintura vinílica y óleo sobre retorta de algodón fina, de Enric Solbes (Fig. 187-188). Desarrollada en los talleres del IVC+R, el artista otorgó mayor importancia a la restauración del soporte, aconsejando la eliminación de la pintura fragmentada y su posterior reintegración que a la fijación y recuperación de la capa pictórica. Pues entendía que la adhesión de los fragmentos producirían un efecto de discontinuidad estética en el fondo

Heinemann, 1987, p. 3. VV.AA. *Science for Conservators. Adhesives and Coatings*. Vol. 3. New York: Museums & Galleries Commission and Routledge, 2005, p. 17.

gris. En esta línea, cabe señalar que otros autores, como Ribera Berenguer poseen sus propios sistemas de estabilización. Por tanto, la opinión del artista puede ser clave a la hora de diseñar una intervención de este tipo.

7.2.1.3. Estudios científicos:

Sugerimos a continuación algunos puntos que pueden guiar y facilitar la programación analítica, las pruebas experimentales y la modalidad operativa en la selección de los productos adhesivos y/o consolidantes a emplear⁸⁰⁹. Básicamente se trata de identificar los materiales y causas de alteración, realizar distintas pruebas y ensayos para caracterizar el comportamiento de los productos que introduciremos en la intervención, así como determinar las condiciones ambientales que rodean la obra en el lugar de procedencia y emplazamiento en el que estará expuesta. La información obtenida resulta indispensable a fin de realizar un buen diagnóstico y diseñar correctamente el tratamiento.

7.2.1.3.1. Caracterización de materiales y causas de degradación:

La **identificación** de aglutinantes, pigmentos, cargas y antiguos adhesivos y consolidantes, resolverá dudas sobre la solubilidad de la capa, resistencia a la temperatura y humedad. La presencia de un pigmento determinado, aglutinante o secativo, o de un consolidante o adhesivo antiguo, puede estar detrás del desarrollo de fallos adhesivos y/o cohesivos, o de la aparición de cambios de color⁸¹⁰.

El **análisis estratigráfico** resulta de gran utilidad desde un punto de vista morfológico a fin de determinar el número, características y homogeneidad de las capas, verificar la presencia de microfracturas, grado de porosidad, pérdida de cohesión, fallos adhesivos, ataques microbiológicos o presencia de adhesivos⁸¹¹.

⁸⁰⁹ POSITANO, M., POLI, T. "La valutazione dei prodotti per il consolidamento superficiale: Proposta di un protocollo di prove". *Il consolidamento degli apparati architettonici e decorativi: conoscenze, orientamenti, esperienze: atti convegno studi, Bressanone*. Venezia: Arcadia Ricerche, 2007, pp. 168-169.

⁸¹⁰ SEM-EDX, Fluorescencia RX, Espectrometría de absorción IR, FTIR, cromatografía HPLC, etc. GÓMEZ, M^a L. *La Restauración. Examen científico aplicada a la conservación de obras de arte*. Madrid: Cátedra, 2000, pp. 209-214. LEARNER, T. *Analysis of Modern Paints*. Los Ángeles: GCI, 2004.

⁸¹¹ Microscopía óptica MO y microscopía electrónica de barrido SEM. VOLPIN, S. "Il SEM e lo studio del consolidamento delle opere policrome". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso CESMAR7 06. Padova: Il Prato, 2008, p. 141.

Estudiando la microestructura de la pintura alterada podemos afinar el grado de alteración y adoptar el mejor método de consolidación (Fig. 189). Además, de evaluar el resultado de la misma (migración y distribución del producto)⁸¹².

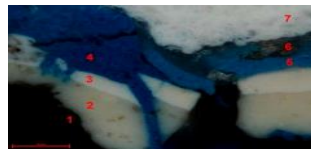


Fig. 189. Estratigrafía.

Medida de la pulverulencia: según el punto 4.3, el tamaño de las partículas de pigmento y su distribución, así como la relación en % entre el pigmento y el aglutinante (CPP y PVC), poseen una influencia directa en el tipo de acabado de una pintura⁸¹³. Según Michalski, al enfrentarnos a una intervención de consolidación, debemos conocer la granulometría de las partículas que conforman el estrato pulverulento, así como el grosor de la capa dañada. Conocer el PVC y la porosidad de un estrato es importante para determinar la cantidad de consolidante necesario y mejorar su resistencia al estrés, sin cambiar las características ópticas de la pintura⁸¹⁴.

Termografía: la imagen obtenida puede aportarnos datos complementarios sobre los estratos dañados y zonas con fallo adhesivo, siempre y cuando la resolución de la cámara permita la lectura de estas alteraciones.

⁸¹² Microespectroscopía FTIR: El espectro de reflexión de una cavidad llena, permite verificar la presencia y distribución del polímero consolidante. Cfr. VV.AA. "Studio comparato nel comportamento di modelli-finiti sottoposti a diversi trattamenti di impregnazione in condizione di variazioni ambientali". *L'attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso CESMAR7. Milano 2008. Saonara: Il Prato, 2009, pp. 66. CAGNA, M., RIGGIARDI, D. "I consolidanti nel sistema dipinto". *L'attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso CESMAR7. Milano 2006, p. 100. CAUZZI, D. "Spettroscopia infrarossa. Cenni teorici ed esempi applicativi". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso CESMAR7. Milano 2006. Padova: Il Prato, 2008, pp. 124-125.

⁸¹³ Cfr. HANSEN, E. y LOWINGER, R. "Investigations into techniques for the consolidation of high pigment volume concentration paint at the Getty Conservation Institute". [En línea]. *WAAC Newsletter*, vol. 12, nº 3, septiembre. Los Ángeles: WAAC, 1990, pp. 13-16. <<http://palimpsest.stanford.edu>>. [Consulta: 27/01/05]. Cfr. ROCHE, A., OTTOLINI, S., RIGGIARDI, D. "Studio meccanico del potere consolidante di alcuni adesivi in rapporto a cariche e pigmenti utilizzati in pittura". *L'attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso CESMAR7. Milano 2008. Saonara: Il Prato, 2009, pp. 137-158.

⁸¹⁴ MICHALSKI, S. "Un modello fisico del processo di consolidamento, applicato principalmente ai dipinti". *L'attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso CESMAR7. Milano 2006. Padova: Il Prato, 2008, pp. 27-29. KLEIN, E. *Consolidation of matte paint films*. [Tesis inédita]. Ontario: Queen,s University, 1991, p. 30.



Fig. 190. Colorímetro antes de la consolidación. L. Ferrazza.

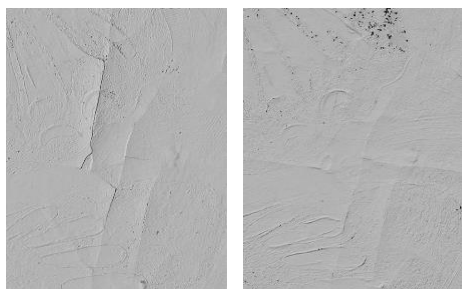


Fig. 191. Digitalización 3D antes y después de la adhesión. Imagen: J. Pérez.

Mediciones de **color y brillo**: realizadas antes y después del tratamiento, resultan de gran importancia a fin de determinar el acabado y el resultado final de las intervenciones de consolidación (Fig. 190)⁸¹⁵.

Modelos 3D: autores como Young, Finozzi y Mecklenburg entre otros, proponen el uso de la Termogravimetría y/o digitalización 3D para el estudio de la topografía, análisis dimensional y realización de réplicas⁸¹⁶. Mediante estas técnicas no destructivas, es posible construir un mapa de la distribución del grosor y de las

tensiones de la pintura, identificando las zonas de delaminación⁸¹⁷. Esta fue empleada en el IVC+R para evaluar la adhesión de la obra *A ellos también les gusta tricotar*, óleo, esmalte sobre tela y tablero, de Anzo, 1965 (Fig. 191).

7.2.1.3.2. Probetas de ensayo y testado de materiales:

Tras reunir la mayor cantidad de información, pueden realizarse prototipos reproduciendo los materiales y alteraciones de la pintura⁸¹⁸, sobre los que testar los productos y ensayar los sistemas de aplicación.

⁸¹⁵ Uso de colorímetro, espectrofotómetro UV-VIS y/o brillómetro.

⁸¹⁶ VV.AA. "Studio comparato nel comportamento di modelli-finiti sottoposti a diversi trattamenti di impregnazione in condizione di variazioni ambientali". *L'attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso CESMAR7. Milano 2008. Saonara: Il Prato, 2009, pp. 61-86. YOUNG, C. "Sviluppo di test meccanici per valutare i consolidanti usati per i dipinti su tela". *L'attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 06. Padova: Il Prato, 2008, p. 73.

⁸¹⁷ La construcción de modelos, a través de las propiedades mecánicas, por superposición de estratos en 3D, facilita la comprensión del origen de su separación y la distribución de las fuerzas de sollicitación y deformación. Ver: *Ibidem*. CALDARO, N., ROCKWELL, T., ROSENTHAL, A. "Conservation of a Heavy Weight: The Rose by Jay Defeo". *AIC Paintings Specialty Group postprints*. San Diego, California, June 13-14, 1997. Washington: AIC, 1997.

El **envejecimiento acelerado** de los materiales consolidantes y adhesivos tanto por separado como junto a los materiales constitutivos de la obra, nos dará una idea de cual es su evolución en el futuro.

Además de la medición de color y brillo, el estudio del **comportamiento mecánico** de los polímeros a emplear facilitará su selección buscando la compatibilidad con los materiales constitutivos, contribuyendo a diagnosticar aquellas patologías relacionadas con las propiedades mecánicas⁸¹⁹. Los datos obtenidos a través de la medición de la **fuerza adhesiva y cohesiva** servirán para darnos una idea del nivel de fuerza a restituir escogiendo el más parecido con el original⁸²⁰. Las medidas de **viscosidad y mojabilidad**, y **resistencia** (temperatura, humedad, disolventes y presión), que ayuden a evitar la aparición de cercos, zonas de decoloración, deformación y aparición de encogimientos.

7.2.1.3.3. Medición de las condiciones ambientales:

Las condiciones ambientales que rodearon la pieza, pueden estar entre las causas de su alteración, siendo importantes a la hora de seleccionar el producto adhesivo y/o consolidante⁸²¹.

7.2.2. Diseño de la intervención:

7.2.2.1. Modelo de toma de decisiones:

La elaboración de un modelo de toma de decisiones nos ayudará a valorar las ventajas e inconvenientes de cada producto y sistema (Fig. 192)⁸²².

⁸¹⁸ Evaluación: concentración, aplicación, penetración, difusión, cohesión, adhesión, resistencia o comportamiento mecánico. VV.AA. "Open Studio e intervento di restauro su un'opera di Sironi". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso CESMAR7. Milano 2008. Saonara: Il Prato, 2009. Cfr. HOUGH, M. "The Consolidation of Painted Ethnographic Objects". [En línea]. *WAAC Newsletter*. Vol. 12, n°. 3, sept. Los Ángeles: WAAC, 1990. <<http://palimpsest.stanford>>. [Consulta: 27/01/05], pp. 3-4. CHIANTORE, O., RAVA, A. *Conservare l'arte contemporanea. Problemi, metodi, materiali, ricerche*. Milán: Electa, 2005, pp. 198-207. BERGER, G. "Consolidation of delaminating paintings". *ICOM*. 5°. Zagreb: ICOM, 1978, p. 21. HANSEN, E., LOWINGER, R. *Op. cit.*, pp. 13-16. CAGNA, M., RIGGIARDI, D. *Op. cit.*, p. 103.

⁸¹⁹ Dada la dificultad de realizar estos ensayos sobre obras reales, nos conformaremos con datos aproximados a través de probetas o fragmentos de los bordes. ROCHE, A. *Op. cit.*, p. 66. ROCHE, A., OTTOLINI, S., RIGGIARDI, D. *Op. cit.*, pp. 137-158.

⁸²⁰ La industria suele realizar tests como los de arranque por tracción y pelado.

⁸²¹ POSITANO, M., POLI, T. *Op. cit.*, pp. 168-169.

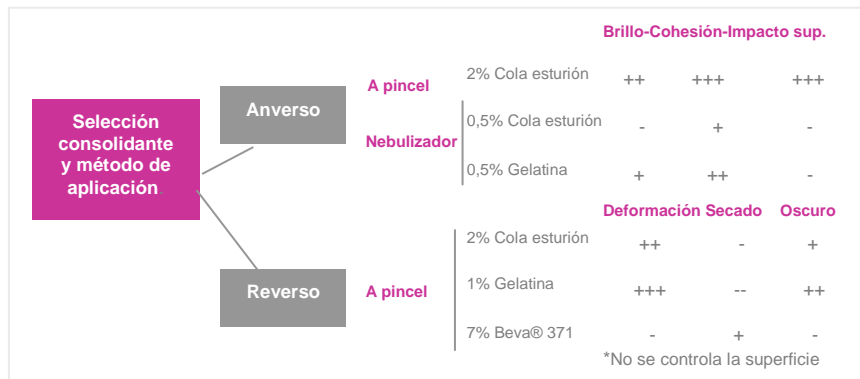


Fig. 192. Ejemplo hipotético: modelo toma de decisiones.

7.2.2.2. Otras consideraciones:

- Valorar las condiciones y limitaciones del lugar de trabajo. Valorar el tiempo y recursos de los que se dispone⁸²³.
- Reflexionar sobre la durabilidad de las intervenciones y la posibilidad de tratamientos futuros.
- Valorar a corto y largo plazo el aumento o disminución de su poder adhesivo y/o consolidante, la reversibilidad, su envejecimiento, el comportamiento mecánico, etc.
- Reflexionar sobre las condiciones ambientales que tendrá la obra de regreso al lugar de origen⁸²⁴.
- Documentar las pruebas y los tratamientos realizados en los informes, ya que las obras pueden necesitar un nuevo tratamiento.
- Valorar la posible pérdida de información para futuros estudios⁸²⁵.

⁸²² HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 3.

⁸²³ Dar prioridad a aquellas pruebas que proporcionen una mayor información.

⁸²⁴ Nos ayudará a elegir el tipo de producto a emplear o a valorar la aplicación de una trasera si no pueden cambiarse las condiciones ambientales.

⁸²⁵ Impregnar un estrato con un material polimérico puede afectar a la posterior identificación del aglutinante. De igual modo, la importancia del objeto en la

7.3. TRATAMIENTOS PREVIOS. PROTECCIONES TEMPORALES:

En ocasiones, ya que no siempre es necesario, es conveniente aplicar una protección temporal sobre la superficie de una obra, como en caso de existir peligro de pérdida de material pictórico procedente de una zona dañada durante el movimiento (posición vertical-horizontal) o traslado de la misma.

Dichos tratamientos suelen estar indicados a fin de resguardar la capa pictórica de otras intervenciones como la consolidación del soporte o el desclavado de bordes, constituyendo además un medio de fijación temporal cuando no se dispone del tiempo necesario para valorar el sistema y producto más adecuado, proporcionándonos un mayor margen de reflexión y desarrollo de pruebas (Fig. 193-194).

Fundamentalmente existen dos vías con variaciones, una consiste en aplicar un empapelado (papel o gasa más adhesivo), y la segunda en emplear Ciclododecano directamente sobre el estrato dañado o a través de gasa o papel⁸²⁶. Hay que decir, que en ambos casos y por lo que atañe a la restauración de pintura actual, suele tratarse de tratamientos puntuales.

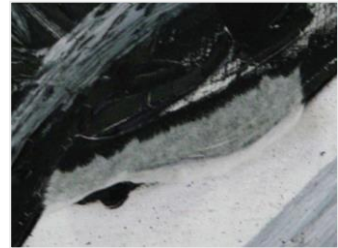


Fig. 193 y 194. Empapelado puntual con cola de esturión en una obra de Saura. MNCARS.

colección puede influir en la necesidad o las limitaciones del tratamiento. El no-tratamiento debería considerarse en objetos raros usados como referencia. HANSEN, E., LOWINGER, R. *Op. cit.*, pp. 13-16. LORNE, A. "An approach to the problems of consolidation of matte paint layers in ethnographic collections". *Het behoud vat etnografische collecties*. Amsterdam: Centraal Laboratorium voor Onderzoek naar Voorwerpen van Kunst en Wetenschap, 1995, pp. 33-49.

⁸²⁶ CALDARO, N., ROCKWELL, T., ROSENTHAL, A. *Op. Cit.*

La primera opción, aplicable en caso de que el estado y particularidades de la superficie lo permitan, consiste en seleccionar un papel flexible (ej. papel japonés o *tissue*), que no contraiga y se adapte a bien a las texturas, junto con un producto que no altere las superficies y cuya penetración sea limitada. Los más empleados en el tratamiento de pintura contemporánea son la cola de esturión, debido a su transparencia y rápida reversibilidad en agua fría, así como la Metilcelulosa. (Ver fichas)⁸²⁷.

Será precisamente la solubilidad de la capa pictórica una de las variables que determinará la selección del producto. Por ejemplo, si es sensible al agua podremos emplear Beva® O.F. 371 (recomendada por Berger), Plexisol® P-550 (muy utilizado en Italia), Paraloid® B-72 o Klucel® E, etc.⁸²⁸. Debemos tener mucho cuidado al seleccionar el adhesivo y disolvente, pues la pintura y resto de estratos podrían disgregarse e hincharse, quedar pegados al papel o incluso producirse arranques por contracción debido a la excesiva fuerza del adhesivo⁸²⁹. Se aconseja realizar distintas pruebas.

Si la pintura está sujeta por un lado o adquiere la forma de un hojalde y no puede levantarse para introducir el adhesivo, puede adherirse un poco de papel japonés de modo que al quedar la escama pegada pueda levantarse sin perder fragmentos y aplicar el adhesivo. Cabe señalar, que este tipo de protecciones ayudan a sujetar la pintura, si bien tienen el inconveniente de no poder controlar la introducción del adhesivo cuando se trata de áreas mayores. No obstante, funcionan si se trata de estratos gruesos.

Otra alternativa al uso de adhesivos, es la de realizar protecciones y/o consolidaciones efímeras con Ciclododecano CCD. Se trata de una molécula orgánica compleja, un hidrocarburo cíclico saturado, sólido y volátil, que pertenece al grupo de los cicloalcanos (ver ficha y C.5)⁸³⁰. Esta sustancia

⁸²⁷ Cfr. PETUKHOVA, T., BONADIES, S. D. "Sturgeon glue for painting consolidation in Russia". [En línea]. *JAIC Online*, 32, 1. Washington: AIC, 1993. <<http://aic.stanford.edu>>. [Consulta: 18/12/03]. ZEBALA, A. "Sturgeon Glue for Consolidation (Technical Exchange)". [En línea]. *WAAC Newsletter*, 16,3, september. Los Ángeles: WAAC, 1994. <<http://palimpsest.stanford.edu>>. [Consulta: 27/01/05].

⁸²⁸ BERGER, G. *Op. cit.*, pp. 21-24. BERGER, G., RUSSELL, W. *Op. cit.*

⁸²⁹ VILLARQUIDE, A. *Op. cit.*, pp. 142-143.

⁸³⁰ BAGAN PÉREZ, R. "El ciclododecà i les seves aplicacions en conservació-restauració" *Unicum*. N^o 7, mayo 2008. Barcelona: ESCRBC, 2008, p. 156. GUDRUN, H. *Il Ciclododecano nel restauro di dipinti su tela e manufatti*. Quaderni del Cesmar7. Padova: Il Prato, 2008.

inerte químicamente, posee la capacidad de sublimar a temperatura ambiente pasando del estado sólido al gaseoso, lo cual la convierte en una interesante opción en aquellos casos en los que tengamos superficies muy delicadas y/o que sea necesario llevar a cabo una consolidación de urgencia, a la espera de seleccionar el tratamiento más idóneo (Fig. 195)⁸³¹.

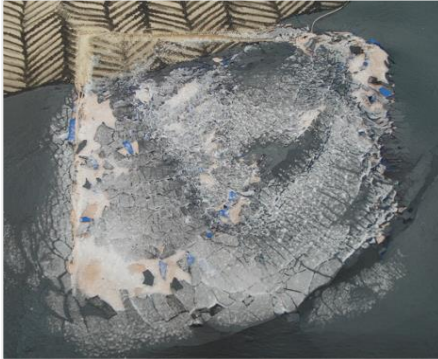


Fig. 195. Protección con CCD.

Este producto se suministra en aerosol y en forma sólida. Podremos aplicarlo en *spray* siempre y cuando la superficie no presente pulverulencia, ya que la presión desplazaría las partículas desprendidas. Por ello, su utilización está más aconsejada en la protección de pintura escamada. No obstante, el impacto puede minimizarse saturando previamente la superficie con un hidrocarburo.

La disolución saturada de CCD puede emplearse sobre superficies sensibles al agua como los temples de cola o el *gouache*, sin que se produzcan cambios superficiales. Aunque habrá que tener cuidado con las pinturas acrílicas recientes. De igual modo, permite su uso a través de papel japonés como un empapelado normal, pero con la particularidad de que este se desprende por sí solo después de sublimar el producto, siendo un tratamiento indicado en casos de superficies con pulverulencia.

El uso de esta sustancia permite el control de su propia penetración, así como la de cualquier consolidante si la empleamos como una barrera de superficie⁸³².

Finalmente, señalar que cabrá valorar el sistema de eliminación de la protección antes de proceder a aplicar el siguiente tratamiento.

⁸³¹ CAGNA, M., RIGGIARDI, D. *Op. cit.*, pp. 91-98. HANGLEITER, H., SALZMANN, L. "Un legante volatile: il ciclododecano". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, pp. 109-113.

⁸³² La cantidad de soluto necesario para realizar una disolución saturada de CCD depende del disolvente empleado. Ver: BAGAN PÉREZ, R. *Op. cit.*, p. 156. VV.AA. "Open Studio...". *Op. cit.*, pp. 175-198.

7.4. INTERVENCIONES DE ADHESIÓN DE ESTRATOS:

7.4.1. Propósito de la intervención:

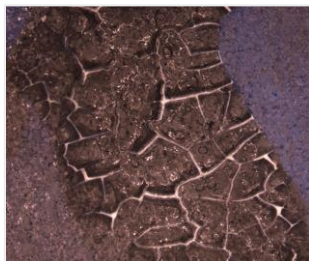


Fig. 196. Detalle
levantamientos *Secuencia*
41. Genovés.

El propósito de una intervención de adhesión consiste en volver a unir un estrato pictórico y/o preparatorio desprendido total o parcialmente al estrato sano subyacente, introduciendo un adhesivo en la interfase de separación⁸³³. Recordemos, que dichos fragmentos laminares pueden presentar a su vez deformaciones, grietas, pérdida de flexibilidad, falta de cohesión e incluso superponerse a una base pulverulenta (Fig. 196)⁸³⁴.

7.4.2. Técnicas y tratamientos:

Como en cualquier tratamiento, estas intervenciones se adaptarán a las características y patologías de la obra, pudiendo alternar distintas estrategias. Estas podrán ser sencillas o complejas, pues a veces bastará con introducir el adhesivo debajo de la pintura y aplicar presión, y en otras será necesario realizar una limpieza previa, consolidar el estrato subyacente o aplicar un estuco antes de proceder a la adhesión.

7.4.2.1. Adhesión básica de un estrato delaminado:

Una pintura que precise de una fijación es una pintura que presenta un riesgo inminente de pérdida de material. Aunque hallamos casos con levantamientos en toda la superficie, en pintura actual los solemos encontrar localizados en zonas concretas que requieren de intervenciones puntuales en las que no es necesario desmontar los bastidores.

Básicamente, una vez preparado el adhesivo, se introduce la sustancia seleccionada bajo el estrato a fijar mediante pincel, jeringuilla, microespátula

⁸³³ Cfr. ROSSI DORIA, M. *Op. cit.*, p. 17.

⁸³⁴ MATTEINI, M., MOLES, A. *Ciencia y restauración. Método de investigación*. Guipúzcoa: Nerea, 2001, p. 271. HANSEN, E., LOWINGER, R. *Op. cit.*, p. 1.

o cualquier instrumento que garantice su correcta distribución a través de los distintos levantamientos o grietas⁸³⁵. Dicha intervención puede realizarse por el anverso o reverso de la obra combinando varios sistemas de trabajo.

La zona a tratar, puede calentarse y/o relajarse ligeramente antes o después de aplicar el adhesivo diluido mediante lámparas de IR, espátula caliente y/o uso de una mini mesa de succión. En la selección de la temperatura debe tenerse en cuenta la Tg de los materiales constitutivos de la obra, pues podrían producirse deformaciones y aumentos del brillo en superficie por aplastamiento de texturas.

Una vez aplicado el adhesivo es aconsejable dejar transcurrir algunos minutos para que el disolvente evapore un poco, aplicar presión de forma progresiva y controlada, respetando el tiempo de curado. Como vimos en el capítulo anterior, el uso de presión durante un determinado tiempo, así como el uso de temperatura en el caso de emplear adhesivos termofusibles, son determinantes para la obtención de una correcta adhesión (ver C. 6).

En este tipo de operaciones suele interponerse un estrato antiadherente transparente (poliéster monosiliconado o Melinex®) o traslúcido (papel siliconado), para controlar el proceso y evitar que la pintura quede pegada a la espátula caliente o plancha. No obstante, debemos extremar las precauciones a la hora de utilizar este tipo de estratos sobre superficies pictóricas modernas ya que combinados con la aplicación de temperatura pueden favorecer el aplanado y aumento del brillo de estas. En estos casos, el uso de papel japonés puede ser una alternativa interesante.

Por otro lado, debemos asegurarnos de retirar bien los posibles restos que puedan quedar en superficie empleando hisopos de algodón y/o tiras de papel secante, a fin de impedir que la pintura se adhiera al plástico o se produzcan arranques posteriores por contracción del adhesivo⁸³⁶. Así como controlar la aparición de tensiones, deslizamientos o rotura de los estratos en caso de acelerar el proceso de secado o al ejercer presión.

⁸³⁵ Tanto la concentración como la viscosidad de la sustancia adhesiva serán mayores que en el caso de las consolidaciones.

⁸³⁶ La Beva® 371, el Plexisol® P550 o el Aquazol® 500 permiten la reactivación por temperatura tras el secado. Esto facilita el secado, la penetración del adhesivo o la relajación y corrección de deformaciones. HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 5. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 66-70.

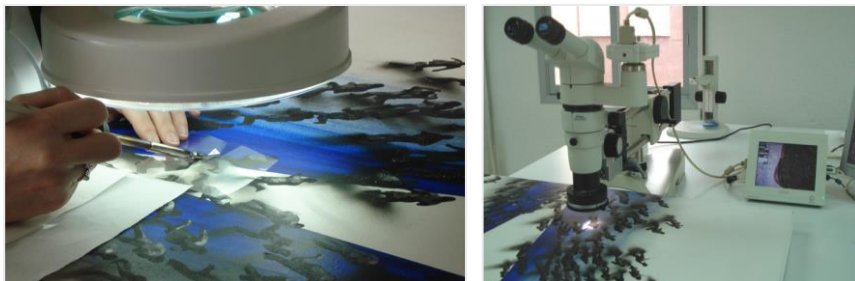


Fig. 197 y 198. Secuencia 41. Genovés, bajo lupa binocular.



Fig. 199. Utilización de retículas.

Trabajar bajo un microscopio estereoscópico o lupa de aumentos permite magnificar el área de trabajo, incrementar nuestra precisión y hacer visibles detalles que pasan inadvertidos en condiciones normales (Fig. 197-198)⁸³⁷. En casos en los que sea necesario trabajar en vertical,

debemos instalar unas planchas atornilladas al bastidor como soporte de la presión que ejerceremos por delante. Las mini placas de succión pueden montarse también en esta posición.

La utilización de retículas realizadas con cordel de algodón y fragmentos de secante nos ayudarán a realizar un trabajo de estabilización sistemático y ordenado (Fig. 199).

7.4.2.2. Adhesión de estratos con suciedad y deformaciones:

Si la superficie presenta suciedad superficial, siempre que sea posible, podrá realizarse una limpieza por aspiración interponiendo un filtro de papel o tejido de poliéster en la boquilla, con apoyo de una brocha suave, evitando desplazar o arrancar la pintura escamada⁸³⁸.

⁸³⁷ Cfr. DANZING, R. "Conserving Watercolors: Under the Microscope". *Brooklyn Museum Community bloggers. Conservation*. [En línea]. Brooklyn: Copyright © 2004–2009 Brooklyn Museum. <www.brooklynmuseum.org>. [Consulta: 22/06/08].

⁸³⁸ VV.AA. "Open studio sulle semilunette della Galleria Vittorio Emanuele II conservate alla Galleria d'Arte Moderna di Milano". *Atti Congresso CESMAR7*. Milano 2008. Saonara: Il Prato, 2009, pp. 113-136.

La fijación de un estrato pictórico, unido o no a una capa de preparación, puede combinarse a su vez con la corrección de sus propias deformaciones. Es decir, deformaciones cóncavas o convexas, en forma de abolsados, ampollas y/o cazoletas, las cuales al tener una gran sensibilidad a la presión, requieren de tratamientos más lentos y graduales.

Dicha corrección puede llevarse a cabo aprovechando el disolvente o la humedad aportada por el adhesivo empleado, unido a la aplicación de temperatura y presión controlada⁸³⁹. Como vimos en los puntos anteriores, la temperatura y presión pueden aplicarse mediante una mini mesa de succión, si lo

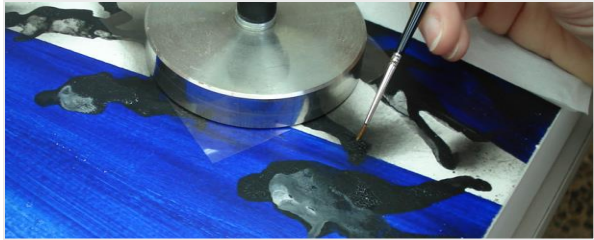


Fig. 200 y 201. Aplicación adhesivo y corrección de la deformación.

permite el soporte, o con la ayuda de distintos medios (espátula caliente, yemas de los dedos). No obstante, se obtendrán buenos resultados si se procede a la relajación del estrato deformado antes de introducir el adhesivo (Fig. 200-203).

El tiempo necesario para lograr la corrección de las deformaciones dependerá de la rigidez, tamaño y grosor del estrato, debiendo ser extremadamente cuidadosos con las pinturas recientes o con bajas Tg, dada su sensibilidad a la temperatura⁸⁴⁰.

⁸³⁹ Genovés, *Secuencia* 41, 1998, mixta sobre tabla, Museu d'Art Contemporani de Vilafamés (cesión: Galería Marlborough). Intervención realizada en el D.C.R.A.C. IVC+R por M^a T. Pastor, A. Pellicer. Coordinación: J. Pérez y dirección: C. Pérez.

⁸⁴⁰ SEDANO, P. "Trabajos realizados durante el 89 en los fondos pertenecientes al Centro de Arte Reina Sofía y procedentes del antiguo Museo de Arte Contemporáneo".

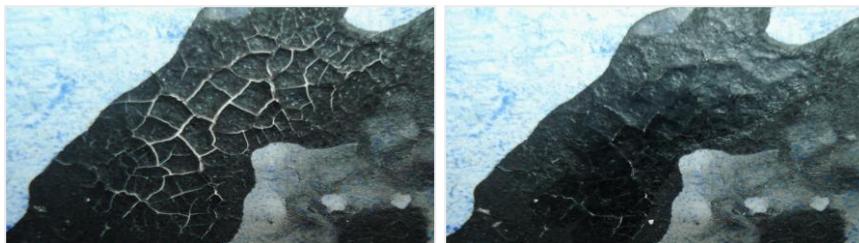


Fig. 202 y 203. Detalle Secuencia 41 antes y después de la intervención.

Si las escamas son convexas realizaremos una ligera presión de fuera hacia dentro a fin de corregir la deformación. En caso de presentar deformaciones cóncavas, la presión será ejercida de dentro hacia fuera. Algunos autores señalan sobre este último tipo de alteraciones, que el adhesivo puede introducirse en el interior de la ampolla con una jeringuilla. Sin embargo, el orificio de entrada y salida debe practicarse en el lugar menos visible⁸⁴¹. En ambos casos resulta de gran utilidad la aplicación de temperatura y presión controlada, unida a la acción del solvente de la mezcla adhesiva.

Michalski afirma que para recuperar la planitud de un levantamiento se requiere aplicar, además de un buen adhesivo, una elevada distensión y/o presión, recuperando tanto la forma inicial, como la fuerza y rigidez originales del estrato. Para ello, deben darse unas condiciones de fuerza adhesiva y unas condiciones ambientales controladas⁸⁴².

Aparte de los daños a nivel de capa pictórica, existen obras en las que el soporte presenta deformaciones en el plano debido al peso de los estratos, así como encogimientos o zonas distendidas a causa de accidentes. En este sentido, el equipo formado por Hoppman y Shubert, empleó un bastidor de tensión externo atornillado al bastidor original, en la restauración de un lienzo del alemán Max Bill. Mediante este sistema fue posible hacer sitio a la pintura y recuperar la zona inferior encogida por acción del agua procedente de la rotura de un conducto del aire acondicionado. La adhesión de los fragmentos de óleo se realizó con 2% MC en agua desionizada y etanol (1:1), presión y

Comunicaciones 2ª Reunión de Trabajo. Madrid: G.E.T.C.R. Arte Contemporáneo, 1990. CALVO, A. *Op. cit.*, p. 336.

⁸⁴¹ VILLARQUIDE, A. *Op. cit.*, p. 145.

⁸⁴² Para evitar la aparición de nuevos craquelados, desprendimientos y deformaciones, debemos aumentar la rigidez del estrato tras el tratamiento, controlando la HR. Si no, debe aceptarse que pueda ondularse y levantarse. MICHALSKI, E. *Op. cit.*, p. 39.

aplicación de temperatura⁸⁴³. La obra *El màgic tanca un cercle* de Solbes (1960-2009), precisó de la realización de una micro sutura de hilos y corrección de las deformaciones del soporte de forma previa a la adhesión de la capa pictórica (20% Aquazol® 500 en agua desionizada a pincel)⁸⁴⁴.

7.4.2.3. Adhesión de estratos mates y muy porosos:

En ocasiones, las capas con peligro de desprendimiento son mates y porosas. Incluso, no es extraño hallar en una misma obra zonas en las que la falta de cohesión y adhesión se encuentran combinadas. Esto es, superpuestas en un mismo estrato, capa contigua (combinación zonas alto y bajo PVC), o desprendidas en capas múltiples (C.4 y Fig. 204-205).

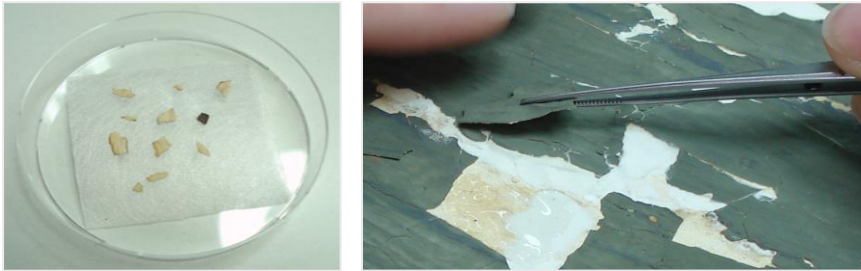


Fig. 204 v 205. Adhesión de estratos con 2% MC. *El vendedor de cocos*.

Según esto, puede ser necesario realizar una preconsolidación de los estratos debilitados a fin de aportarles cierta flexibilidad, mejorando la cohesión. Aplicada a pincel o mediante nebulización, puede evitar su rotura o disgregación durante el siguiente proceso de fijación, evitando a su vez la migración del adhesivo hacia la superficie y ulterior manchado como ocurre con las capas con alto PVC (7.2)⁸⁴⁵.

⁸⁴³ HOPPMAN, A., SHUBERT, A. "Wasserschaden an einem Gemälde von Max Bill" *Beiträge*. Nº 1, Bonn: Verband der Restauratoren, 2005, pp. 81-89.

⁸⁴⁴ Loneta de algodón con encogimientos y distensiones en la zona de rotura a causa de golpe, recuperada mediante tensión hilo a hilo con unas pinzas de cirugía ocular y aplicación de humedad por nebulización y temperatura. E. Solbes, *El màgic tanca un cercle*, 1986, mixta sobre lienzo, Ajuntament de Canals. Intervención adhesión: D.C.R.A.C. IVC+R por M^a T. Pastor. Coordinación: J. Pérez. Dirección: C. Pérez.

⁸⁴⁵ Cfr. TOPALOVA-CASADIEGO, B. "Examination of Death and the Maiden". [En línea]. Oslo: Munch Museet, 1999-2007. <www.munch.museum.no>. [Consulta: 24/09/07]. MICHALSKI, S., *Op. cit.*, pp. 33, 45-46.

Este tipo de tratamiento fue aplicado en la obra *El vendedor de cocos* de Salvador Soria (1912-2010), como paso previo a la aplicación del adhesivo. Pues, la elevada porosidad del estrato pictórico y de preparación, los cuales presentaban fallos cohesivos, así como una importante separación a causa de un accidente (acción de agua caliente), impedían una fijación directa⁸⁴⁶.

Los estratos pictóricos de la obra de acabado mate *Massacre II*, realizada en cartón piedra y temple por José Ortega en 1975, fueron fijados con cola de esturión en distintas proporciones, según se trataba de escamas de grueso mínimo o levantamientos con una considerable carga matérica que requerían mayor nivel de adhesión (Fig. 206-209)⁸⁴⁷.

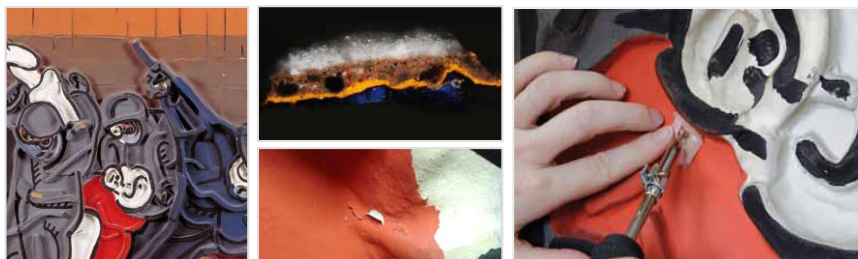


Fig. 206-209. Ortega, *Massacre II*, 1975, cartón piedra, temple y óleo. Colección Martínez Guerricabeitia-UV. General, estratigrafía y detalle de lagunas y levantamientos.

A continuación incluimos la traducción de la tabla publicada en libro *Matte Paint*, con distintas opciones de tratamiento para pintura porosa escamada y/o pulverulenta⁸⁴⁸. Es decir, tanto para su adhesión como para su consolidación (Fig. 210).

⁸⁴⁶ S. Soria, *El vendedor de cocos*, 1956, mixta sobre lienzo. Ateneo Mercantil de Valencia. Intervención estabilización: D.C.R.A.C. IVC+R, M^a T. Pastor. Coordinación: J. Pérez. Dirección: C. Pérez. Tras la consolidación de la pintura y preparación, se aplicó estuco líquido con cánula para reconstruir la base sobre la que acomodar los fragmentos flotantes o totalmente desprendidos.

⁸⁴⁷ PASTOR VALLS, M^a T., PELLICER BAREA, A. "Un cas de fixació en acabats mat. *Massacre II*, 1975, de José Ortega". *La conservació d'art contemporani. Casos d'estudi a partir de la Col.lecció Martínez Guerricabeitia de la Universitat de València*. Valencia: GMC, 2011, pp. 39-48.

⁸⁴⁸ HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Ed.). *Matte Paint. Its history and technology, analysis, properties, and conservation treatment with special emphasis on ethnographic objects*. California: GCI, 1993, pp. 146-147.

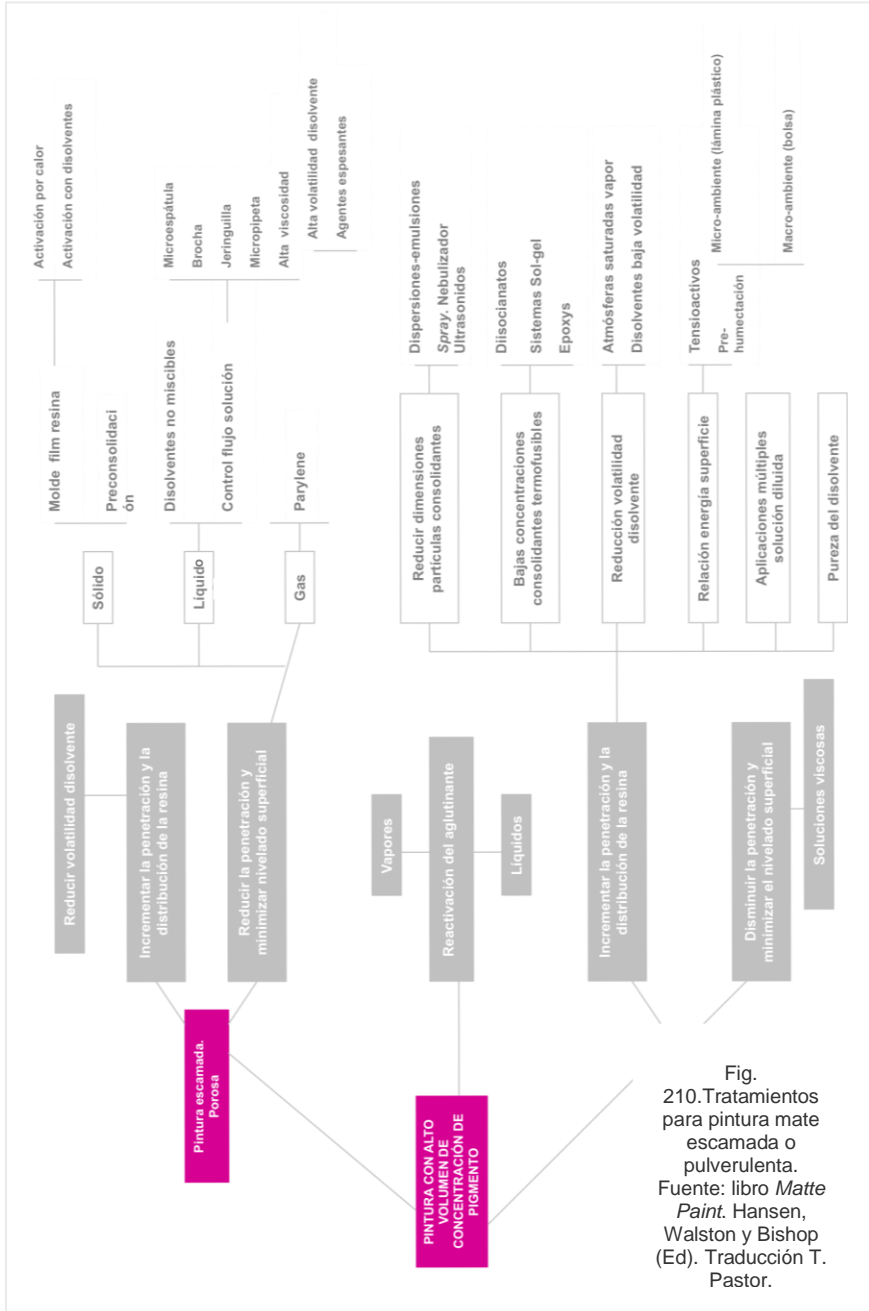


Fig. 210. Tratamientos para pintura mate escamada o pulverulenta. Fuente: libro *Matte Paint*. Hansen, Walston y Bishop (Ed). Traducción T. Pastor.

Cuando los estratos son tan porosos que se produce una competición capilar, podemos recurrir a varias estrategias. La primera consiste, como expusimos, en realizar una consolidación previa⁸⁴⁹. La segunda radica en el uso de soluciones con alta viscosidad (proporciones altas o preparadas con disolventes muy volátiles aplicados en múltiples capas), adhesivos proteicos capaces de formar geles antes del secado o emulsiones, cuyo tamaño de partícula impidan la absorción. La saturación de las escamas mediante disolventes orgánicos hidrofóbos y la posterior adhesión con emulsiones acuosas, junto al uso de la baja presión, se plantean como una tercera vía.



Fig. 211-214. Estabilización de *The Sun* de Munch. Imágenes video ©The Munch Museum.

Existen capas pictóricas cuya sensibilidad a los adhesivos acuosos requiere del diseño de estrategias de adhesión específicas, así como del uso combinado de distintos productos y métodos de aplicación.

En las imágenes 211-214 propiedad ©The Munch Museum, se aprecian cuatro secuencias cronológicamente dispuestas del tratamiento en la pintura al óleo *The*

Sun de Eduard Munch en 2005. En primer lugar, se saturó la superficie a tratar mediante la aplicación de White Spirit® a pincel, evitando que el adhesivo migrara a las áreas circundantes. Posteriormente, se aplicó una disolución de 5% de Paraloid® B72 en isopropanol y acetona con pincel fino, rodeando las escamas y permitiendo que el producto se trasladara por capilaridad. Tras la flexibilización de algunas delaminaciones mediante el uso

⁸⁴⁹ HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Ed.)// BROWN, J. (M. Ed.). *Op. Cit.*, p. 2. MICHALSKI, S., *Op. cit.*, p. 31. Cfr. MAHEUX, A.F., McWilliams, W. "The Use of Ultrasonic Mister for the Consolidation of Flaking Gouache Painting on Paper". *Book and Paper Group Annual*. 14. [En línea]. Washington: AIC, 1995. <<http://aic.stanford.edu>>. [Consulta: 21/04/06].

de un nebulizador, se aplicó una ligera presión y temperatura con espátula caliente interponiendo papel siliconado⁸⁵⁰.

Otra solución a la migración del adhesivo, es la de su aplicación en forma sólida. Una vez introducido, se procede a su regeneración mediante calor y/o aplicación de un disolvente. Una táctica idónea, siempre y cuando la capa pictórica resista su temperatura de activación (Ej.: 70°C, Beva® 371 Film). Al respecto, referenciar la aplicación de almidón de trigo y goma arábiga en polvo (1:1), en una obra de Canogar tratada en el MNCARS con excelentes resultados⁸⁵¹.

7.4.2.4. Adhesión de estratos texturados y de peso elevado:

Otro caso complejo que encontramos en arte actual es la fijación de estratos muy gruesos, con grandes texturas y/o elevado peso⁸⁵². En este tipo de intervenciones no es fácil encontrar un material adhesivo capaz de soportar el peso de dichos estratos que sea mecánicamente compatible y que no altere el aspecto de las superficies.



Fig. 215 y 216. Detalles grandes texturas y levantamientos lienzos V. Peris, U. Alemanv. *Un tiempo un espacio*. pigmentos, PVAc y alquitrán sobre loneta.

Las imágenes, muestran algunos levantamientos de los lienzos realizados por Peris y Alemany en los 80 con pigmentos, PVAc y alquitrán sobre loneta. Estos se adhirieron con 5% gelatina tipo B y/o Acril® 33 en el IVC+R.

⁸⁵⁰ Ver: Cfr. MUNCH MUSEET. "Journal 3: Treatment of "The Sun", consolidating paint". ©Copyright The Munch Museum 1999-2010. [En línea]. Oslo: Munch Museet, 7/11/2005. <www.munch.museum.no>. [Consulta: 17/05/10].

⁸⁵¹ GARCÍA GÓMEZ-TEJEDOR, J. "Sentado de color en una obra mate". *Boletín de Información Productos de Conservación S.A.* Octubre. Nº 41, Madrid: Productos de Conservación S.A., 1999, p. 4.

⁸⁵² BERGER, G., RUSSELL, W. *Op. cit.*, pp. 7-44.

Algunos de los casos que ilustran mejor este hecho lo constituyen la intervención de la emblemática obra al óleo *The Rose* de J. Defeo de una tonelada de peso y el proyecto Borduas del Centre de Conservation y Musée d'Art Contemporain de Montréal⁸⁵³.

El tratamiento de la obra de Defeo, en la que se empleó resina epoxi para la reconstrucción del soporte, nos sirve para enlazar con los tratamientos de fijación aplicados por el reverso. Cuando la preparación y capa pictórica se separan en conjunto del soporte, existe un complejo sistema de levantamientos internos con capas subyacentes disgregadas. De igual modo, el fallo adhesivo puede presentarse entre la interfase pintura-preparación, desprendiéndose la primera de la segunda. En estos casos el adhesivo puede introducirse por el reverso mediante impregnación, controlando la penetración aplicando Ciclododecano en el anverso, con la obra tensada e inmovilizada.

7.4.2.5. Adhesión de estratos sobre bases grasas:



Fig. 217. Detalle del fallo adhesivo de la obra *Paloma* de Ripollés.

Existen capas que tras fijarlas vuelven a despegarse al cabo del tiempo. Estos problemas suelen estar causados por las técnicas y materiales empleados (bases grasas o poco porosas), su comportamiento mecánico, fallos de adhesión en la interfase pintura-preparación y oscilaciones termohigrométricas.

Este es el caso de la obra *Paloma* (técnica mixta sobre preparación alquídica)⁸⁵⁴. Tras varias intervenciones realizadas tanto por el propio autor como por técnicos especializados, la pintura continua presentando fallos de adhesión, lo que ha motivado la realización de diversos estudios, en curso (Fig. 217).

⁸⁵³ Más información en: CALDARO, N., ROCKWELL, T., ROSENTHAL, A. *Op. Cit.*, pp. 68-78. Cfr. VV.AA. *Conservation of works by Borduas*. [En línea]. Québec: Ministère de la Culture, 2007. <www.ccq.mcc.gouv.qc.ca>. [Consulta: 07/02/05 y 29/05/07].

⁸⁵⁴ Estudiada gracias a M. Bodí, conservadora restauradora de pintura del Servei de Conservació i Restauració de Béns Culturals de la Excma. Diputació de Castelló.

La obra *Sussex Pastoral* (temple de huevo sobre tabla), fue intervenida en el CCI con parafina y expuesta en un *Climabox*⁸⁵⁵. Enlazando este material, recomendamos el artículo de Hincelin y Roche sobre el montaje de una obra de Sicilia realizada con papel y cera blanca y el estudio de Lang sobre adhesión de objetos de cera. Dependiendo del material y el tipo de rotura, apunta a la idoneidad de la cola de esturión en piezas realizadas con cera de abeja, el adhesivo Lascaux® 498HV para uniones más pesadas o para adherir parafina o cera Montan, y el Mowilith® 30 para ceras suaves o superficies sensibles⁸⁵⁶.

7.4.2.6. Adhesión de otros elementos de la capa de color:

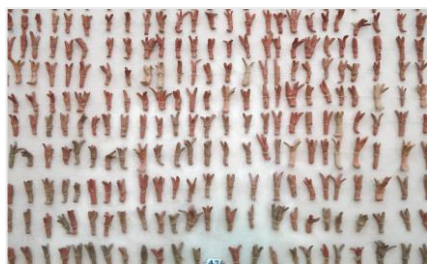


Fig. 218. Detalle *De la serie Paisaje*, 1976, técnica mixta, loneta y tabla. C. Calvo.

En pintura actual, la capa de color puede estar compuesta de pintura, así como de otros muchos elementos que funcionan como tal. *Il gran teatro del cuore lago* (pintura vinílica sobre algodón) del italiano Uccio Biondi, 2006, presentaba pulverulencia, zonas con exfoliación, lagunas y fallos de adhesión del papel. En su tratamiento se utilizó Tilose®

infiltrada bajo las escamas de la pintura y Klucel® G para el papel⁸⁵⁷.

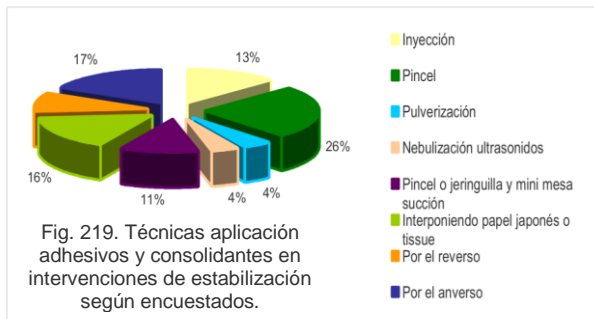
Las piezas cerámicas desprendidas de la obra *De la serie Paisaje* 1976 de Carmen Calvo se adhirieron, tras consultar con la artista, con el adhesivo original: cola blanca (Fig. 218)⁸⁵⁸.

⁸⁵⁵ Cfr. CCI: "Conservation Treatment of Sussex Pastoral". *Preserving My Heritage. Before & After Gallery*. [En línea]. Ottawa: CCI, 2009. <www.preservation.gc.ca>. [Consulta: 12/09/09]. HINCELIN, E., ROCHE, A. "Étude du comportement mécanique d'adhésifs synthétiques pour le montage d'œuvres à base de papier et de cire d'abeille blanchie". *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

⁸⁵⁶ Cfr. LANG, J. "Adhesives for Wax Artifacts: Investigation of Suitable Materials and Their Adhesion Properties via Tensile and Bending Tests". *Proceedings Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

⁸⁵⁷ Cfr. LEREDE, R., MELICA, D., ALBANESE, G. "Il restauro dell'arte contemporanea. *Il gran teatro del cuore lago* di Uccio Biondi". *Atti Congresso CESMAR7*. Milano 2008. Saonara: Il Prato, 2009, pp. 208-220.

7.4.3. Sistemas de aplicación:



Algunos autores como Martín Martínez, Elías o Sindaco⁸⁵⁹, afirman que el sistema de aplicación tiene mucha importancia en el resultado de la unión adhesiva. Esto es debido a que la mínima

cantidad necesaria de producto debe repartirse homogéneamente tras alcanzar las zonas en las que la adhesión debe ser restituida. De otro modo, se producirán roturas en las zonas débiles y deformaciones. A continuación realizaremos algunas puntualizaciones sobre los sistemas de aplicación de las sustancias adhesivas (Fig. 219):

7.4.3.1. Aplicación mediante pincel, jeringuilla, mini espátula, etc.:

El uso del pincel constituye la forma tradicional de aplicación del adhesivo. Los mejores para este uso son aquellos con fibras alargadas mayores a un centímetro, capaces de depositar la sustancia adhesiva “a la gota” o distribuirla homogéneamente sin hacer palanca o ejercer presión sobre el estrato delaminado (Fig. 220).

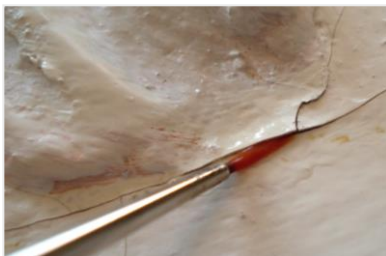


Fig. 220. Aplicación del adhesivo mediante pincel obra Vicente

⁸⁵⁸ C. Calvo, *De la Serie Paisaje*, 1976, técnica mixta sobre contrachapado, 150 x 190 cm. Intervención realizada por M^a T. Pastor en 2007 para C. Calvo.

⁸⁵⁹ MARTÍN MARTÍNEZ, J. M., MARTÍN REY, S. *Adhesión y adhesivos en intervención de pintura sobre lienzo*. Valencia: UPV, 2008, pp. 72-83. ELIAS, M., SINDACO, C. “Le refixage et la consolidation des peintures non vernies. Une collaboration entre scientifique et restaurateur”. *Support/Tracé*, n^o 6. Paris: ARSAG, 2006, pp. 86-94.

Con el incremento de la evaporación del solvente en el pincel, aumenta la concentración, por lo que cada poco tiempo hay que lavarlo bien. Este incremento será mayor en los pinceles más grandes debido a la relación superficie-volumen. Si tardamos mucho tiempo desde que mojamos el pincel en el adhesivo, obtendremos unas mayores concentraciones y viscosidades⁸⁶⁰. Además, se aconseja interponer papel japonés si los daños impiden la aplicación directa del adhesivo.

Por otra parte, la infiltración de la mezcla adhesiva con jeringuilla permite la aplicación de una gran cantidad de adhesivo en un punto concreto de poca accesibilidad, sin que se produzca una evaporación del disolvente antes de su introducción (Fig. 221)⁸⁶¹.



Fig. 221 y 222. Aplicación adhesivo por inyección y mediante espátula.

No obstante, aunque existen distintos tipos de jeringuillas y cánulas, se trata de un sistema poco controlable debido al riesgo de dañar la superficie a causa de la aplicación de presión y la realización *ex profeso* de orificios. Además, en cierto modo limita la viscosidad de las sustancias a aplicar.

Otra opción, es la aplicación del adhesivo empleando una pequeña espátula metálica plana (Fig. 222), o de polietileno⁸⁶². Su utilización permite alcanzar zonas en las que no es posible utilizar un pincel, aunque se corre el riesgo de dañar la capa pictórica, la cual puede romper y desprenderse.

⁸⁶⁰ MICHALSKI, *Op. cit.*, p. 27.

⁸⁶¹ Sistema utilizado en el tratamiento de la obra *Abendland (Twilight of the West)* realizada en 1989 por Anselm Kiefer con plancha de plomo, pintura sintética, ceniza, yeso, cemento, tierra, barniz sobre lona y madera.

⁸⁶² LORNE, A. *Op. cit.*, pp. 33-49.



Fig. 223, 224 y 225. Pinzas de cirugía ocular y de succión.

Si las escamas están desplazadas es necesario volver a recolocarlas utilizando unas pinzas metálicas o de succión. En el primer caso, se trata de pinzas de punta fina, como las empleadas en cirugía ocular. En el segundo caso, la punta succiona la escama permitiendo su traslado de un lugar a otro, minimizando la presión ejercida y el riesgo de rotura (Fig. 223-225).

7.4.3.2. Uso conjunto de la “mini mesa” y mesa de baja presión:

Una de las múltiples ventajas del uso de mini mesa de succión es la de poder realizar los tratamientos de forma puntual sin necesidad de desmontar el bastidor⁸⁶³. Gracias a la función de succión mejora la penetración del adhesivo, inmoviliza los fragmentos, mejora su contacto con el sustrato, favorece la evaporación del solvente, así como el enfriamiento del adhesivo. La aplicación combinada de temperatura facilita su curado del adhesivo y la relajación de los estratos (Fig. 226-227)⁸⁶⁴.



Fig. 226 y 227. Aplicación “a la gota” y uso de la mini mesa succión.

⁸⁶³ CALVO, A. *Op. cit.*, p. 335.

⁸⁶⁴ MITKA, W. “Portable mini low-pressure apparatus for the treatment of paintings”. *Studies of Conservation*. Nº 30. London: IIC, 1985, pp. 167-170.

Tanto las mini mesas como las mesas de baja presión pueden emplearse a muy bajas temperaturas o utilizando la succión únicamente. Además permiten delimitar la zona de trabajo con películas antiadherentes (Melinex®), así como la aportación adicional de presión y temperatura por el anverso a través del uso combinado de espátulas calientes, lámparas de IR y pesos (metálicos, saquitos de perdigones o arena). Sin embargo, según Michalski, a menos que las escamas de color sean reblandecidas con calor, humedad o solventes, la presión ejercida con una mesa baja presión puede no ser suficiente para lograr un buen contacto con el sustrato⁸⁶⁵. Borgioli y Cremonesi señalan que si se quiere obtener un *film* verdaderamente continuo y homogéneo empleando polímeros en dispersión acuosa como adhesivos, es necesario el recurso del calor sin llegar a la fusión. De forma alternativa al calor, una succión moderada puede facilitar la formación de un estrato homogéneo⁸⁶⁶.

El control de la temperatura, presión ejercida, duración del tratamiento, acción de los solventes, dureza de la membrana y estrato amortiguador, son esenciales para no aplastar las texturas, marcar los bordes de la placa de succión o generar zonas con brillos especialmente en el tratamiento de capas pictóricas con bajas Tg (acrílicas, vinílicas, óleos recientes).

7.4.3.3. Uso combinado de espátula caliente, IR y planchas:

El uso de una espátula caliente permite la aplicación de presión y temperatura controlada. Existen en el mercado distintos tipos de puntas, pudiendo también acoplarse algunas realizadas con silicona (Fig. 228-229).



Fig. 228-229. Espátula caliente con control de temperatura, puntas metálicas y pinceles Colour Shaper®.

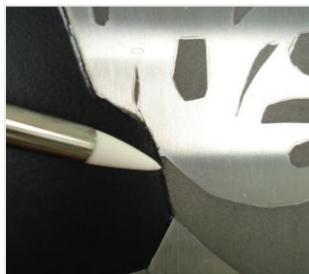
⁸⁶⁵ No constituye un problema para el método tradicional, pero sí para tratamientos más delicados: adhesión de fragmentos con cantidades mínimas de polímero. MICHALSKI, S., *Op. cit.*, p. 32.

⁸⁶⁶ BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 67-70.

Las planchas suelen estar más indicadas en la fijación de películas pictóricas planas, empleándose en menor grado que las anteriores, debido al riesgo de aplastamiento y reblandecimiento de las superficies. Respecto a las lámparas de IR, señalar que aunque en determinados casos pueden ser beneficiosas, su uso puede ser contraproducente en el tratamiento de pinturas modernas⁸⁶⁷.

7.4.3.4. Sistemas auxiliares de presión y amortiguación:

Como hemos ido exponiendo a lo largo de estas páginas, la aplicación de una presión suave es crucial a fin de favorecer una correcta adhesión. La presión puede ejercerse con los dedos, facilitando un excelente control de la adhesión, mediante puntas de ágata o con pinceles de silicona *Colour Shaper®* (Fig. 230)⁸⁶⁸.



Una vez finalizado el tratamiento, suelen aplicarse pesos metálicos, saquitos de arena o perdigones, interponien-

Fig. 230 y 231. Fijación *Aislamiento M73A*, Anzo. Esmalte sobre acero inoxidable. v detalle pesos.

do fieltros y espumas como la *Blitz-fiz®*. Al respecto, señalar la importancia de que dichos sistemas sean capaces de amoldarse a las irregularidades superficiales sin dañar las texturas (Fig. 231).

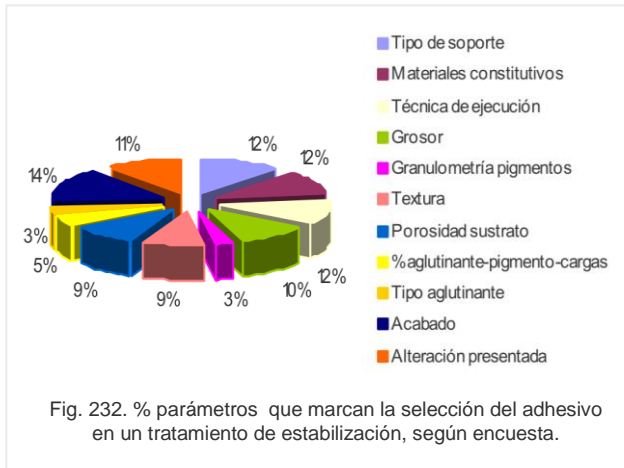
⁸⁶⁷ No facilitan un buen control de la temperatura en superficie y sin protección causan daños oculares. Su uso debe realizarse con precaución y tras evaluar la resistencia del estrato pictórico. BERGER, G., RUSSELL, W. *Op. cit.*, p. 24. El secado y el estrés pueden reducirse si la Tg del polímero es cercana a la temperatura ambiental. HORIE, C.V. *Op. cit.*, pp. 73-74.

⁸⁶⁸ Fijación realizada en el Dpto. de Conservación Restauración de Arte Contemporáneo (en adelante, D.C.R.A.C.) IVC+R. M^a T. Pastor. Coordinación: J. Pérez. Dirección: C. Pérez. Exposición: *Memòria d'Anzo*. 27 de Octubre de 2009-14 de Febrero de 2010. Patronato Martínez Guerricabeitia-UV.

En este sentido, hay que destacar el desarrollo y aplicación en el campo de la conservación de los *Magnetic pad*, como sistemas de presión adaptables a superficies con grandes texturas y capaces de minimizar la rotura y el aplastamiento de estratos. Estos dispositivos realizados con geles magnéticos en el interior de un material de goma elástico, fueron testados por A. Schubert en 2002 en la *University of Applied Sciences* de Berna, Suiza⁸⁶⁹.

7.4.4. Selección de la sustancia adhesiva:

Según los encuestados, la selección de estas sustancias acostumbra a realizarse en función del acabado, la técnica, los materiales constitutivos y la alteración presentada, tal y como muestra el gráfico 232.



No obstante existen otras muchas variables tales como el grado de adhesión necesario, la sensibilidad del estrato pictórico hacia el disolvente, la compatibilidad mecánica, las condiciones ambientales, etc.

Podemos encontrar diversas opiniones sobre qué tipo de adhesivo utilizar según la experiencia de cada restaurador, siendo numerosos los polímeros disponibles (ver C. 5 y Fig. 233). No obstante, cada caso es diferente y requiere del diseño de un tratamiento adaptado diseñado desde la reflexión. A continuación, incluimos algunas consideraciones que pueden orientarnos en su selección:

⁸⁶⁹ SCHUBERT, A. "Magnetkissen-Angepasste druckausübung auf strukturierte oberflächen/Magnetic Pads-adapted exertion of pressure onto textured surfaces". *Symposium der Fachgruppe Moderne Kunst-Kulturgut der Moderne de VDR*. Köln: Museum Ludwing, 2004.

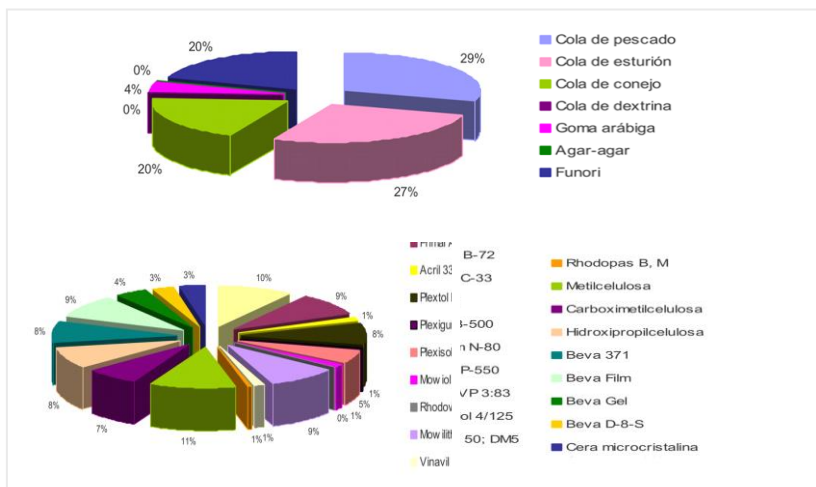


Fig. 233. Polímeros e intervenciones de estabilización según encuestados.

En primer lugar, es bueno conocer cuantos más productos mejor, pero traspasando la barrera del nombre comercial. Esto es, estar al corriente de sus formulaciones, propiedades y características (curado, proceso de secado, condiciones de aplicación: temperatura, presión, tiempo, etc.)⁸⁷⁰.

Es necesario reiterar que no existe el perfecto adhesivo sino su uso adecuado. En este sentido, Berger señala que la Beva® 371 debe emplearse correctamente, pues de lo contrario las obras podrían sufrir graves daños⁸⁷¹.

Tras reunir la mayor información posible sobre la técnica, materiales y tipologías de alteración de la obra y una vez realizadas la mayor cantidad de pruebas: analíticas, probetas, pruebas de resistencia (temperatura, humedad, solventes, presión), seleccionaremos el producto más estable, afín y compatible, buscando establecer una correlación entre el tipo de adhesivo y la naturaleza físico-química de la capa dañada (ver C.6). Además debe seleccionarse la concentración, el solvente, la temperatura, la modalidad de aplicación y el sistema de presión.

⁸⁷⁰ GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 377.

⁸⁷¹ BERGER, G. "Consolidation of delaminating paintings". *Op. Cit.* BERGER, G. "Application of Heat-Activated Adhesives for the Consolidation of Paintings". *Bulletin of AIC*. Vol. 11, N^o 2, April. Washington: AIC, 1971, pp. 124-128.

Como pauta general, puede decirse que estos tendrán una mayor capacidad adhesiva, una menor penetración y una mayor viscosidad que los consolidantes⁸⁷². En aquellos materiales que permitan su uso tanto como consolidantes como adhesivos, se emplearán mayores concentraciones. Si precisamos una viscosidad determinada, debemos saber qué concentración del polímero o qué solvente permite obtenerla a fin de que la mezcla adhesivo-solvente quede localizada en una zona concreta sin migrar a zonas no deseadas⁸⁷³. En opinión de Cremonesi y Borgioli, disoluciones al 20% de sólidos macromoleculares, como son los polímeros empleados, darán en mayor o menor grado viscosidades altas⁸⁷⁴. Algunos productos como la metilcelulosa MC, tienen esta característica en bajas concentraciones y las colas animales la propiedad de coagular al enfriar, lo cual es una propiedad interesante.

El grado de viscosidad debe permitir la aplicación del polímero (pincel, jeringuilla o microespátula) a través de las grietas o levantamientos. Una viscosidad alta puede considerarse como un factor positivo a la hora de adherir una capa porosa, según Michalski⁸⁷⁵. En este tipo de estratos la aplicación de adhesivos en seco constituye otra solución viable⁸⁷⁶.

A su vez, debemos tener mucho cuidado con los adhesivos espesados con disolventes (ej. Acril® 33 con xileno) y con aquellos empleados en las disoluciones. Los efectos derivados de la aplicación de solventes para espesar adhesivos son temporales como vimos en el capítulo anterior. Además, pueden afectar a los pigmentos de distinto modo, así como hinchar, reblandecer, deshacer las capas pictóricas e incluso llegar a debilitarlas alterando sus propiedades mecánicas (Ver Tabla 40 con algunos porcentajes de adhesivos utilizados).

⁸⁷² La viscosidad está afectada por el solvente, el peso molecular del polímero, la concentración, la temperatura, etc. (C.6). LORNE, A. "An approach to the problems of consolidation of matte paint layers in ethnographic collections". *Het behoud vat etnografische collecties*. Amsterdam: Centraal Laboratorium voor Onderzoek naar Voorwerpen van Kunst en Wetenschap, 1995, pp. 33-49.

⁸⁷³ WOLBERS, R. "Proprietà Meccaniche a Breve Termine degli Adesivi: Effetto dei Solventi e dei Plastificanti". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso CESMAR7 2006. Saonara: Il Prato, 2008, pp. 115-122.

⁸⁷⁴ BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 67.

⁸⁷⁵ MICHALSKI, E. *Op. cit.*, p. 40.

⁸⁷⁶ GARCÍA GÓMEZ-TEJEDOR, J. *Op. cit.*, pp. 2-4.

Según Lorne, acertar la concentración de dicha solución, es una tarea de gran complejidad⁸⁷⁷. Como también lo es el grado de adhesión necesario para unir el estrato dañado, el cual debe estar adaptado a las necesidades de la obra. Pensemos por ejemplo en lo problemática que resulta la adhesión de capas muy gruesas y pesadas, en las que necesitamos niveles de adhesión exigentes. En este sentido, Rossi Doria señala que la fuerza del adhesivo será un poquito mayor, *“la sua forza deve essere, anche di poco, maggiore di quelle presenti nei materiali”*⁸⁷⁸.

La unión adhesiva no será ni muy fuerte (rompe por la línea de adhesión) o mayor que la cohesión del estrato, ni muy débil (se desprende). El poder adhesivo debe ser estable, pues no debe ni aumentar ni disminuir. Según lo anterior y debido a sus características físico-químicas, en los tratamientos de adhesión estarían especialmente indicadas las emulsiones de resinas termoplásticas, las colas y gelatinas, los éteres de celulosa, copolímeros acrílicos y polímeros PEOX de elevado peso molecular, principalmente (ver C.5 y C.6)⁸⁷⁹.

Hay quienes prefieren utilizar cola de esturión, metilcelulosa o Klucel® G como adhesivos de obras modernas por manchar menos las superficies delicadas. Otros, se decantan por aplicar productos sintéticos como la Beva® 371 o el Plexisol® P550, debido a teórica flexibilidad de los *films* resultantes o con motivo de evitar problemas de biodeterioro. En casos concretos se han utilizado otros muchos productos como la parafina y las resinas epoxi⁸⁸⁰.

Tabla. 40. Ej. % adhesivos en intervenciones de adhesión según fuentes bibliográficas.

%	Adhesivo
2-4	Metilcelulosa
2-5	Gelatina en agua desionizada
2	Klucel® G en agua
1	Funori en agua desionizada
1	JunFunori® agua desionizada
3-6	Cola de esturión en agua desionizada
10-20	Aquazol® 500 en etanol o agua desionizada.
1:1 , “tal cual”	Plextol® B500
1:1 , “tal cual”	Acril® 33
20-40	Beva® 371 en White Spirit®.

⁸⁷⁷ LORNE, A. *Op. cit.*, pp. 33-49.

⁸⁷⁸ ROSSI DORIA, M. *Op. cit.*, p. 19.

⁸⁷⁹ MICHALSKI, S. *Op. cit.*, p. 33. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 67-70. GARCÍA GÓMEZ-TEJEDOR, J. *Op. cit.*, pp. 2-4. LORNE, A. *Op. cit.*, pp. 33-49.

⁸⁸⁰ CCI. *Op. cit.* CALDARO, N., ROCKWELL, T., ROSENTHAL, A. *Op. cit.*, pp. 68-78.

Wolbers afirma que nuestra selección debe guiarse por el conocimiento de valores como la Tg, el P_f, la fuerza, la resistencia, la fragilidad del material o su estabilidad. Valores referidos tanto a los productos a emplear como a los materiales constitutivos de las obras⁸⁸¹. Pues, para garantizar una unión óptima adhesiva el adhesivo debe alcanzar su temperatura de fusión, de lo contrario la unión será más débil.

La presión será ejercida hasta que el polímero solidifique, tras un enfriamiento gradual. Si este se produce rápidamente, la presión debe aplicarse con celeridad. Del mismo modo, debemos conocer el tiempo en que la mezcla tardará en secar y perder el solvente, alcanzando una fuerza mínima⁸⁸². Según lo expuesto tras el curado debemos valorar la capacidad adhesiva, así como la rigidez y flexibilidad necesarias para que la unión sea capaz de soportar las fuerzas a las que estará expuesta⁸⁸³.

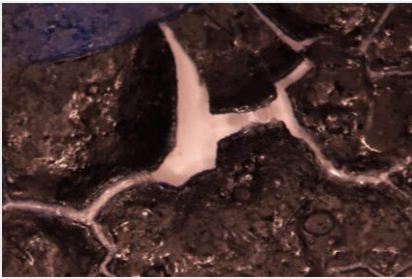


Fig. 234. Restos de adhesivo intervención anterior. Genovés. Secuencia 41.

Otro factor a considerar en la selección del polímero es la presencia y disposición de otros adhesivos de intervenciones anteriores, tal y como se aprecia en la imagen izquierda (Fig. 234). En este caso habrá que seleccionarlos en función de su compatibilidad, valorando la posibilidad de regeneración y/o el sistema de eliminación.

Finalmente, cabe señalar que en este tipo de intervenciones podemos no ser tan exigentes con el amarilleo de un adhesivo como sí lo haríamos con un consolidante. En principio, que se produzca o no este cambio no importa demasiado cuando el polímero queda oculto debajo de la escama adherida.

⁸⁸¹ Cfr. WOLBERS, R. "Proprietà Meccaniche a Breve Termine degli Adesivi: Effetto dei Solventi e dei Plastificanti". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti del congresso CESMAR7. Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, pp. 115-122.

⁸⁸² Al respecto es importante estimar el tiempo de curado así como los cambios que pueden producirse durante el mismo (si encoge o reacciona con el objeto).

⁸⁸³ La temperatura y el solvente pueden jugar un papel crucial en las propiedades del polímero. La Tg del PVAc aumenta al mezclarlo con solventes polares como agua, etanol y acetona. *Ibidem*. VV.AA. *Science., Op. cit.*, p. 17.

Para concluir, debemos realizar algunas observaciones sobre la preparación y duración de los adhesivos: aunque pueda parecer una obviedad, la vida de estos productos es limitada. No solemos hacerlo, pero deben vigilarse las condiciones de almacenaje de los adhesivos comerciales (fecha de fabricación, tiempo de depósito en la empresa distribuidora y almacenaje en el lugar de trabajo, exposición a la humedad, temperatura e iluminación). Ya que pueden haber caducado, estar separados en dos fases o disgregados, presentar películas de secado en superficie, aumento de viscosidad, evaporación del solvente, desarrollo de microorganismos, acidez (ej. Klucel® G), afectando a su calidad y a las propiedades de la unión adhesiva.



Fig. 235-237. Preparación de adhesivos para almacenar en seco: cola de esturión.

Esto ocurre también con los productos que preparamos a partir de resinas sólidas y adhesivos naturales (desnaturalización por temperatura, separación de fases, cambio de viscosidad, presencia de hongos). En cuanto a estos últimos, consideramos conveniente prepararlos en pequeñas cantidades a partir de extractos desecados o almacenarlos como máximo durante una semana en la nevera añadiéndoles pequeñas cantidades de etanol en lugar de fungicidas (Fig. 235-237)⁸⁸⁴. También pueden cubrirse las colas gelificadas con alcohol, que se retirará cuando vayamos a calentarlas de nuevo.

⁸⁸⁴Pueden alterar sus propiedades e influir negativamente en el envejecimiento. MATTENI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 106.

7.4.5. Requisitos básicos de las intervenciones y de los adhesivos:

7.4.5.1. Requisitos de una intervención de adhesión:

- Debe garantizar una correcta unión lo más homogénea posible sin exceder las zonas dañadas.
- Debe ser compatible con las técnicas y materiales de la obra: compatibilidad física, química y mecánica.
- La unión adhesiva debe ser fina, estable y duradera.
- No debe alterar la superficie ni modificar el concepto de la obra.
- Debe permitir futuros tratamientos en caso de fallo, más allá de exigir la reversibilidad de la misma.
- Debe tener en cuenta las condiciones ambientales que rodearán la obra.
- Debe garantizar unas condiciones de seguridad e higiene para el restaurador.

7.4.5.2. Requisitos de los adhesivos⁸⁸⁵:

- El adhesivo debe estar en buen estado, ser líquido o sólido blando capaz de adaptarse a las irregularidades superficiales de las capas a adherir.
- Facilidad de aplicación y retirada de sobrantes antes del curado, garantizando un tiempo de trabajo razonable.
- Penetración limitada.
- Su temperatura de aplicación, disolventes y proceso de curado no deben dañar los materiales constitutivos de la obra ni su acabado.
- Compatibilidad química, física y mecánica con los materiales de la obra.
- Unión adhesiva óptima, duradera y estable física y químicamente⁸⁸⁶.
- Debe permitir tratamientos futuros como mínimo.
- Baja toxicidad.

⁸⁸⁵ VV.AA. *Op. cit.*, p. 16. GÓMEZ, M^a L., *Op. cit.*, pp. 377-400. BERGER, G. *Op. cit.*, p. 23. BRACCO, P., CIAPPI, O. "Consolidanti, adesivi, fissativi nel restauro dei dipinti su tela e tavola". *Quaderni di Skill*. Suppl. Al. n^o 7. Milano: ENAIP 1988, pp. 46-53.

⁸⁸⁶ Unión más débil que la cohesión de las capas a adherir, lo suficientemente fuerte y elástica para resistir tensiones sin introducir otras nuevas, evitando una nueva delaminación o craquelado. GÓMEZ, M^a L., *Op. cit.*, p. 377. La adhesión no debe aumentar ni disminuir.

7.4.6. Problemas en los tratamientos de adhesión:

Los tratamientos de consolidación suelen tener, a diferencia de las intervenciones de adhesión, fama de complejos y delicados. Sin embargo, las anteriores no están exentas de complicaciones (Fig. 238).

En primer lugar, pueden producirse problemas de accesibilidad del adhesivo⁸⁸⁷. Es decir, que debido a la morfología y tipo de alteración de la pintura, sea muy complicado depositarlo homogéneamente en la interfase de la unión.

Muchas veces, no es posible llegar hasta el inicio del desprendimiento, por lo que esta unión es parcial y poco resistente. A su vez, el resultado de la capacidad adhesiva puede darse en exceso o en defecto. Esto es, ser demasiado fuerte provocando futuras tensiones, deformaciones y arranques, o bien, ser demasiado débil, de forma que las zonas tratadas se despegan con el tiempo.

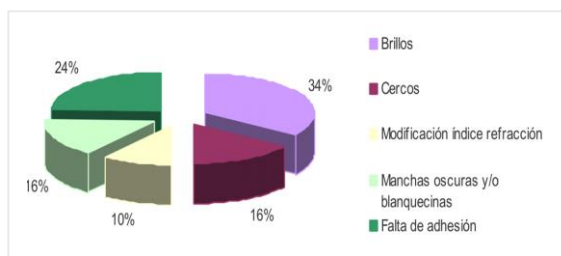


Fig. 238. Problemas en estabilizaciones.

Las capas pictóricas pueden ser sensibles a los solventes, a la humedad, temperatura y presión. De este modo, corremos el riesgo de que a causa de la elección de un producto y sistema de aplicación, se produzca

una fragmentación del estrato, así como el aplastamiento de las texturas⁸⁸⁸. De la misma forma, puede producirse la pérdida de material al quedar pegado al papel de la protección o al poliéster siliconado. Incluso la presencia de restos de adhesivo mal eliminados podría producir futuras contracciones y arranques.

El amontonamiento o distanciamiento de las escamas por falta o exceso de espacio (encogimiento o dilatación del soporte), es junto a las anteriores, una

⁸⁸⁷ La penetración del adhesivo será un problema en aquellos casos de pinturas con craquelados, desprendimientos y descamación múltiple entre capas.

⁸⁸⁸ HANSEN, E., LOWINGER, R. *Op. cit.*, pp. 13-16.

de las dificultades que hallamos con frecuencia al encajar la pintura. La corrección de las deformaciones de las capas dañadas, es en ocasiones un problema de difícil solución.

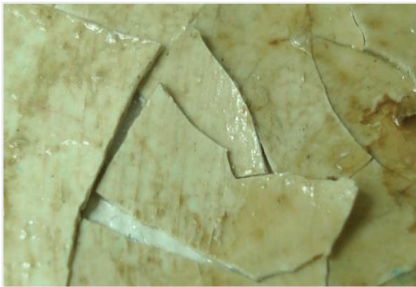
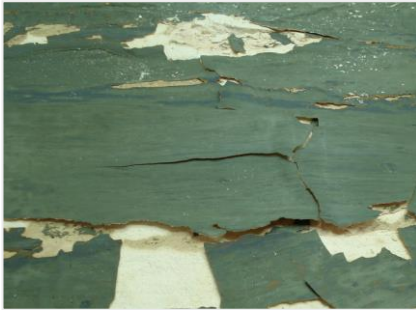


Fig. 239 y 240. Estratos disgregados, escamados y deformados por acción del agua. Fragmentos mal adheridos.

Como también el aumento o disminución del brillo del área o perímetro de la zona intervenida por acción conjunta de la temperatura, presión y presencia de un film plástico, o la aparición de manchas por migración del adhesivo empleado en la adhesión de un estrato poroso⁸⁸⁹.

A estos problemas cabría sumar los arranques producidos por la contracción y/o fuerte adhesión del producto empleado en el empapelado, la aparición de levantamientos a causa de una excesiva presión capilar o las variaciones de comportamiento mecánico. Los cambios de apariencia darán como resultado alteraciones de concepto, los cuales suelen ser irreversibles⁸⁹⁰.

A su vez, podemos encontrar serias dificultades para obtener una adhesión óptima debido a la presencia de adhesivos aplicados en anteriores intervenciones que limitarán el abanico de productos a emplear, así como debidas a la existencia de fragmentos mal colocados y adheridos (Fig. 239-240)⁸⁹¹.

⁸⁸⁹ Una solución adhesiva aplicada en la interfase del sustrato y una escama porosa puede migrar provocando los mismos cambios en apariencia que en la consolidación de una pintura mate.

⁸⁹⁰ LORNE, A. *Op. cit.*, pp. 33-49.

⁸⁹¹ *Ibidem.*, p. 26. CAGNA, M., RIGGIARDI, D. *Op. cit.*, p. 103. ROSSI DORIA, M. *Op. cit.*, p. 17.

7.5. INTERVENCIONES DE CONSOLIDACIÓN:

7.5.1. Propósito de la intervención:



Fig. 241. Detalle
pulverulencia telón s. XIX.

En un tratamiento de consolidación perseguimos en primer lugar, incrementar la estabilidad de uno o varios estratos friables o pulverulentos, mejorando su cohesión y resistencia al estrés. Y en segundo lugar, recuperar la adhesión de dichos estratos a la capa subyacente o estrato sano (Fig. 241)⁸⁹².

A diferencia de las intervenciones de adhesión, las partículas tienen un tamaño mucho menor (μm). Dado que restituyen la cohesión interna de los estratos disgregados, los productos aplicados son considerados como adhesivos tridimensionales, si bien primando sus propiedades cohesivas⁸⁹³.

7.5.2. Técnicas y tratamientos:

7.5.2.1. Consolidación básica de un estrato con falta de cohesión:

Se trata de intervenciones menos comunes que las anteriores, que requieren de tratamientos especializados y pueden realizarse de forma previa a un tratamiento de adhesión. La sustancia aplicada por el anverso o reverso impregnará profundamente el estrato alterado rellenando los espacios huecos existentes devolviendo la cohesión y estabilidad del material, junto a su resistencia mecánica. Algunos autores opinan que en cierto modo es una forma de restituir parte del aglutinante alterado⁸⁹⁴.

⁸⁹² VV.AA. *Science for Conservators. Op. cit.*, p. 123. GÓMEZ, M^a L., *Op. cit.*, pp. 104. KLEIN, E. *Op. cit.*, p. 5.

⁸⁹³ El adhesivo actúa en la superficie del material a adherir formando una película. MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 300. VILLARQUIDE, A. *Op. cit.*, p. 127.

⁸⁹⁴ Las propiedades adhesivas y cohesivas de los aglutinantes deben ser equilibradas y capaces de formar películas finas coherentes que se adhieran al sustrato subyacente. *Ibid.*, p. 95.



Fig. 242. Soria. *El vendedor de cocos*.
Óleo y arena sobre lienzo. Detalle:
preparación disgregada y pintura con
falta de cohesión y levantamientos.

Una pintura que precise de una consolidación presenta un riesgo de pérdida de material. Así, el área pulverulenta puede darse de forma puntual o generalizada, en una zona adyacente o sobre una capa con un elevado contenido de resina, incluso hallarse bajo un estrato que presente descamación unida a una falta de cohesión (Fig. 242)⁸⁹⁵.

Cabe señalar que en la intervención de pintura actual, debemos evaluar cuidadosamente el acabado superficial de la capa, es decir, si es mate, satinada o brillante y si se halla o no texturizada, etc. Tanto si es mate como si presenta cierta falta de cohesión, hay que

entenderla como un sólido poroso, de acuerdo con lo aportado en el capítulo anterior⁸⁹⁶.

Es precisamente la porosidad, la responsable de que los consolidantes sean fácilmente absorbidos, aunque no siempre de forma homogénea. El relleno heterogéneo de los huecos vacíos entre las partículas de pigmento puede provocar la formación de cercos, aureolas o brillos. Cambios de apariencia que pueden responder también a un desplazamiento, aplastamiento y/o pérdida de las partículas que conforman el estrato dañado. Debido al alto riesgo de alterar irreversiblemente su apariencia y con ello, el concepto de la obra, la consolidación de estas pinturas constituye una verdadera hazaña para el restaurador⁸⁹⁷.

⁸⁹⁵ HANSEN, E., LOWINGER, R. *Op. cit.*, p. 2. Cfr. HANSEN, E., LOWINGER, R. "Investigations into techniques for the consolidation of high pigment volume concentration paint at the GCI". [En línea]. *WAAC Newsletter*, vol. 12, nº 3. Los Ángeles: WAAC, 1990. <<http://palimpsest.stanford.edu>>. [Consulta: 27/01/05].

⁸⁹⁶ MICHALSKI, S. *Op. cit.*, pp. 27-29. MASSCHELEIN-KLEINER, L. *Liants, vernis et adhésifs anciens*. Bruselas: KIK-IRPA, 1983, p. 34.

⁸⁹⁷ BORGHESE, P., FERRIANI, B. "Guardare ma non toccare. Il Pastello bianco di Giovanni Boldini. Tecnica esecutiva e restauro di un pastello su tela". *Kermes la*

A estas complicaciones cabría añadir la dificultad de cuantificar el grado de cohesión alcanzado tras el tratamiento, así como los cambios de tipo mecánico resultantes.

En este sentido, insistir en que la opinión del artista es crucial a la hora de diseñar una intervención y evitar errores. Recordar que algunos de ellos, han diseñado sus propios métodos de estabilización, y otros, como Yves Klein, patentaron y desarrollaron productos, como el famoso International Klein Blue IKB para el tratamiento de sus obras⁸⁹⁸.

Tal y como veremos detalladamente en el punto 7.5.3, los sistemas más utilizados en consolidación incluyen la aplicación de consolidantes mediante brocha o pincel (con o sin la interposición de papel japonés), en caso de que la superficie permita actuar directamente sobre ella, o bien, a través de aerosoles o nebulización por ultrasonidos. Dicha aplicación puede llevarse a cabo por el anverso o reverso y combinarse con la utilización de atmósferas saturadas, el uso de succión y la aplicación de temperatura. Además de las técnicas reportadas, se han realizado ensayos con polímeros de curado lento, así como con sustancias humectantes y surfactantes.

La mayoría de estos tratamientos se realizan por el anverso, permitiendo un mayor control de la intervención. Aplicar el consolidante por el reverso implica también su consolidación, pues inevitablemente quedará impregnado⁸⁹⁹. En estos casos suele ser interesante aplicar una capa de ciclododecano o una protección tradicional con papel para proteger el anverso y evitar la migración de producto hacia la superficie. Tanto en la consolidación por el anverso o reverso, es aconsejable sujetar la obra hasta el curado del consolidante, empleando un bastidor interinal y/o la aplicación de succión y presión ligera.

rivista del restauro, Anno 18, N. 57, 2005, p. 48. HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Ed.). *Op. cit.*, p. 2.

⁸⁹⁸ PUGLIESE, M. *Tecnica mista. Materiali e procedimenti nell'arte del XX secolo*. Milán: Bruno Mondadori, 2006, p. 46. HAIML, C. "Restoring the Immaterial: Study and Treatment of Yves Klein's *Blue Monochrome (IKB 42)*". *Modern Paints Uncovered*. Los Ángeles: GCI, 2007, pp. 149-156.

⁸⁹⁹ Antes de consolidar los soportes se realiza una medición del grado de polimerización y pH de las fibras. Según Rossi Doria emplear productos como el Aquazol® o cola de esturión adensada con CMC, pueden representar una óptima solución para la adhesión de la pintura de forma respetuosa hacia el soporte. ROSSI DORIA, M. *Op. cit.*, p. 17.

Durante la intervención debemos tener en cuenta distintos parámetros como la temperatura, muy importante en las colas de proteínas y polisacáridos, así como el tiempo de aplicación. Para muchos especialistas se trata de paciencia, de dejar que el consolidante penetre y seque poco a poco si bien debemos evitar que llegue a hinchar la pintura⁹⁰⁰. Los excesos de producto deben ser retirados a fin de evitar arranques por contracción.

Tal y como señalamos, para mejorar la precisión de las intervenciones podemos emplear lupas de aumento o lentes binoculares.

7.5.2.2. Consolidación de estratos con suciedad:

Siempre que la capa pictórica lo permita, es conveniente realizar una limpieza ligera a fin de evitar que tras la consolidación, el polvo y la suciedad sean absorbidos y adheridos sobre la superficie alterando su aspecto. Esta operación ha de llevarse a cabo con sumo cuidado para no dispersar las zonas pulverulentas o producir arranques en zonas colindantes.

Una opción, es la de aplicar una aspiración suave interponiendo un filtro de papel o tejido de poliéster (Fig. 243), si se trata de una superficie delicada como un temple mate y es necesaria una limpieza mayor, podemos optar por un sistema físico-químico o interponer papel japonés entre la superficie y el hisopo⁹⁰¹. Según lo anterior, es factible combinar y alterar el orden de los tratamientos. En obras pulverulentas con suciedad superficial, podemos aplicar una consolidación ligera, como paso previo a la limpieza, proceder a la misma y continuar con una segunda fase de consolidación.



Fig. 243. Interposición tejido poliéster en el aspirador.

⁹⁰⁰ HORIE, C.V. *Op. cit.*, pp. 73-74.

⁹⁰¹ Limpieza semilunetos: ligroína y/o 100 g agua, 40 ligroína y 1g mucina y succión. VV.AA. "Open studio sulle semilunette della Galleria Vittorio Emanuele". *Op. cit.*, p. 113. BALUST, L., ALCÁNTARA, G. "Restauració d'una mortalla egípcia. Examen organolèptic i procés de restauració". *Unicum*. Barcelona: ACARC, 2002, p. 62.

7.5.2.3. Consolidación de estratos desmoronados, porosos, y/o elevado grosor y granulometría:

La consolidación de zonas desmoronadas y deformadas por pérdida y desplazamiento de material constituye un problema de intervención por lo que respecta a la recuperación total de las partículas y de la morfología original de la superficie. Como lo es también, el tratamiento de aquellas obras en las que el grosor de las capas es considerable⁹⁰².

En definitiva, para que la consolidación sea un éxito, necesitaremos de un sistema de consolidación que distribuya el consolidante homogéneamente, de modo que minimice los cambios de aspecto, introduciendo la mínima cantidad necesaria para que se logre una consolidación efectiva de la pintura así como una adhesión al estrato sano subyacente⁹⁰³. Esta distribución homogénea deberá producirse tanto hacia el interior del mismo, como hacia los lados de la capa tratada, y depende fundamentalmente de que el consolidante y el medio de aplicación garanticen una correcta penetración. Para ello es aconsejable disponer de los datos obtenidos en el análisis estratigráfico, tales como el número y características de los estratos a atravesar, el grosor y el tamaño de las partículas, y grado porosidad⁹⁰⁴.

Existen distintas técnicas para incrementar la penetración del consolidante y favorecer la máxima extensión del polímero antes de su curado. Las más comunes, consisten en emplear consolidantes de bajas concentraciones y baja viscosidad, emplear disolventes de evaporación lenta y combinar el uso de la succión⁹⁰⁵. Sistemas que en opinión de algunos autores, resultan óptimos para el tratamiento de capas delgadas y pulverulentas que necesitan una consolidación ligera, en las que el secado de la sustancia debe ser lento a fin de minimizar el oscurecimiento de la superficie y la formación de aureolas⁹⁰⁶.

⁹⁰²CALDARO, N., ROCKWELL, T., ROSENTHAL, A. *Op. cit.*, pp. 68-78.

⁹⁰³HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Ed.). *Op. cit.*, p. 2.

⁹⁰⁴ La penetración depende de: interacciones sólido-líquido, viscosidad, tipo de movimiento de la sustancia adhesiva, presión ejercida y porosidad del sustrato. Esta última variable muy importante en los tratamientos de consolidación. Ver modelo de MICHALSKI, S., *Op. cit.*, pp. 27-29.

⁹⁰⁵ Así se favorece la penetración de una menor cantidad de adhesivo quedando una elevada proporción de interfases de aire/pigmento, lo que garantiza el aspecto mate. KLEIN, E. *Op. cit.*, p. 6.

⁹⁰⁶ LORNE, A. *Op. cit.*, pp. 33-49.

Pero, ¿cuánto consolidante podemos añadir sin cambiar las características de la pintura? Parece ser que la alteración del color se verifica de forma notable sobrepasando un 50% de la saturación de los poros. Los estratos blancos espesos pueden tolerar una mayor cantidad de consolidante, aunque pueden hacerse grisáceos y/o transparentes con una saturación total⁹⁰⁷. Al respecto, Elise Klein señala que la cantidad dependerá de la porosidad de la capa pictórica (CPVC)⁹⁰⁸, siendo necesaria muy poca cantidad para mantener unidas las partículas de un estrato poroso. De lo contrario, obtendremos un estrato con bajo PVC, de superficie brillante, oscura y de color saturado⁹⁰⁹.

A fin de prevenir la migración de retorno del consolidante hacia la superficie o hacia el reverso del estrato tratado, Michalski propone varios sistemas de trabajo según el tipo de migración producida. Uno de ellos consiste en la saturación parcial de la capa aplicando un 25% de la solución necesaria para saturar el interior del estrato poroso, disminuyendo la evaporación mediante un film barrera. Una variación a este sistema consiste en aplicar un poco de consolidante a una concentración inferior o solvente puro, tras la aplicación del consolidante parcial a fin de empujarlo hacia el interior⁹¹⁰.

El método diseñado por Domaslowki en el 87, consistía en la utilización de tolueno en el consolidante y en la saturación del ambiente con White Spirit®, si bien, el polímero terminaba precipitando⁹¹¹.

Otras opciones valoradas por Stefan Michalski radican en la aplicación de consolidantes de polimerización *in situ*, los cuales evitan el problema de la viscosidad aunque son irreversibles en pintura.

⁹⁰⁷ *Ibid.*, p. 38. El uso del nebulizador puede evitar que los estratos de pigmento blanco se hagan grisáceos o transparentes. PATAKI, A. "Consolidation of white chalk with aerosols". *Op. cit.*

⁹⁰⁸ KLEIN, E. *Op. cit.*, pp. 5-7.

⁹⁰⁹ HOUGH, M. *Op. cit.*, pp. 127-141.

⁹¹⁰ Para determinar la migración debemos conocer el tiempo de secado del estrato consolidado y el tiempo de difusión que las moléculas poliméricas emplean para volver nuevamente a la mitad del estrato, la tasa de evaporación del solvente y el peso molecular del consolidante.

Ver: MICHASLKI, S. *Op. cit.*, pp. 29-40. Autor que ha estudiado el fenómeno de la penetración y la migración del consolidante desarrollando diferentes modelos teóricos.

⁹¹¹ *Ibid.*, p. 37.



Fig. 244. Detalle preparación y pintura disgregada *El vendedor de cocos*. S. Soria.

De igual modo, propone el uso de consolidantes proteicos como solución para evitar la migración, debido a la capacidad de formación de geles a temperatura ambiente, a su buena mojabilidad y penetración, aunque desarrollan fuertes reacciones ante fluctuaciones de humedad, sobre todo en altas concentraciones⁹¹².

Por otra parte, consolidar un estrato con granulometría elevada situado debajo de uno con granulometría fina exige la aplicación de una gran cantidad de solución en el estrato superior

antes de ser absorbida por capilaridad por el estrato subyacente (Fig. 244). En tal supuesto Michalski sugiere el uso de consolidantes de muy baja viscosidad y secado muy lento, incluso empleando un film barrera⁹¹³.

7.5.2.4. Reactivación del aglutinante:

La posibilidad de reactivación del aglutinante mediante la aplicación de temperatura y solventes constituye un tratamiento valorado por diversos autores. Así, se harían reversibles los efectos del envejecimiento sin añadir ningún material nuevo a la pintura. No obstante, además de que el aglutinante original a reactivar puede ser insuficiente, los daños podrían ser mayores que los beneficios⁹¹⁴.

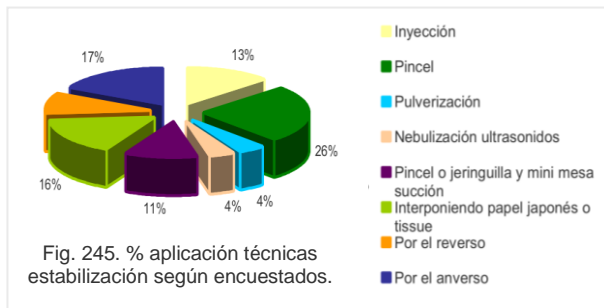
⁹¹² Las colas pueden gelificar a temperatura ambiente al 1-3%, impidiendo el movimiento capilar al secar. *Ibid*, pp. 29, 38.

⁹¹³ *Ibid.*, pp. 31-32.

⁹¹⁴ HOUGH, M. *Op. cit.*, pp. 127-141.

7.5.3. Sistemas de aplicación:

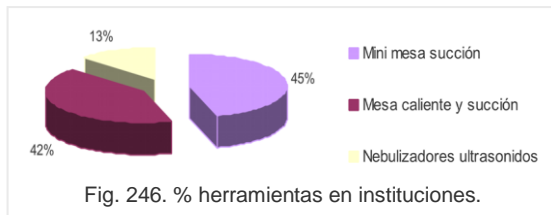
Existen diversos métodos y sistemas para la aplicación de consolidantes (Fig. 245-246). Para Feller y Kunz, la variación de los parámetros asociados con los procedimientos de aplicación, junto con el comportamiento mecánico, son claves para alcanzar consolidaciones efectivas que no modifiquen el acabado de las superficies porosas⁹¹⁵.



De ahí, que pueda decirse que el método de aplicación es crítico para alcanzar resultados satisfactoriamente visibles. Aunque ninguna técnica es del todo perfecta⁹¹⁶.

Por ejemplo, un mismo adhesivo como la cola de esturión puede proporcionar un menor impacto óptico sobre una superficie, si se aplica mediante sucesivas nebulizaciones al 0'5% que una vez al 2% a pincel⁹¹⁷.

Según lo expuesto, la selección del producto y sistema de trabajo, debe apoyarse en una evaluación de los datos y pruebas realizadas, diseñando un sistema adecuado para cada obra y tipo de alteración.



Las mini mesas, mesas de succión y nebulizadores son herramientas básicas de aplicación en las instituciones, según los encuestados.

⁹¹⁵ FELLER, R., KUNZ, N. "The effect of pigment volume concentration on the lightness or darkness of porous paints". *AIC Preprints 9th meeting Philadelphia*. Washington: AIC, 1981, p. 70. HANSEN, E., LOWINGER, R. *Op. cit.*, pp. 13-16.

⁹¹⁶ HOUGH, M. *Op. cit.*, pp. 127-141. VV.AA. *Op. cit.*, pp. 175-198.

⁹¹⁷ ELIAS, M., SINDACO, C. *Op. cit.*, pp. 92-93.

7.5.3.1. Aplicación a pincel:

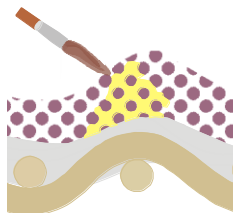


Fig. 247. Esquema consolidación mediante pincel.

Se trata del sistema de aplicación clásico por excelencia, del cual Michalski señala que es un sistema capilar en sí mismo. Según este autor, el tipo de pincel empleado puede afectar a la distribución del consolidante (normalmente se precisan pinceles suaves con capacidad de retención de fluido). Recordar que con el incremento de la evaporación del solvente aumenta la concentración y viscosidad de la solución en el pincel, por lo que cada poco se debe proceder a su limpieza (Fig. 247)⁹¹⁸.

En obras en las que el nebulizador por ultrasonidos constituye un sistema demasiado lento de trabajo o se precisan mayores concentraciones y cantidades (escamas pulverulentas) para unir los huecos entre la escama y el sustrato, podemos optar por su utilización⁹¹⁹. Este sistema fue empleado en la restauración de una obra de Mario Sironi de 1933 realizada en temple sobre tela, la cual presentaba graves problemas de adhesión, cohesión y pérdida materia pictórica. En ella se emplearon hasta diez manos de 3% Fluoline® HY en butilacetato y acetona a pincel, realizando presión con las yemas de los dedos para aumentar la adhesión debido al peligro de separación de la capa pictórica porosa respecto al soporte. Por su mala respuesta, las zonas blancas se trataron con 10% Beva® 371 en ciclohexano, espátula caliente y lámparas de IR⁹²⁰.

La preparación disgregada de la obra *El vendedor de cocos*, 1956 de Salvador Soria, fue consolidada mediante la aplicación de 5% cola de esturión en agua destilada, tal y como se muestra en la imagen siguiente. En ellas, se observa la preparación disgregada bajo una pintura al óleo porosa, muy laminada y con pérdida de cohesión.

⁹¹⁸ Cuanto mayor el pincel, mayor el incremento (relación superficie-volumen). Con el tiempo aumenta la concentración y viscosidad. *Ibid.*, pp. 30-35.

⁹¹⁹ El uso del nebulizador por ultrasonidos reparte una cantidad de consolidante demasiado pequeño para introducirlo a través de los craquelados y grietas, o para el tratamiento de escamas pulverulentas.

⁹²⁰ Según zonas, fue necesario aplicar hasta 10 pasadas a pincel debido a su baja capacidad adhesiva (se limpiaba cada 5 minutos para evitar la formación de brillos) y se aplicaba presión. VV.AA. *Op. cit.*, pp. 175-198.



Fig. 248. Detalle consolidación preparación
El vendedor de cocos. S. Soria.



Fig. 249. Detalle consolidación
Secuencia 41, Genovés.



Fig. 250. Detalle consolidación puntual
"a la gota" zona obra Peris y Alemany.

Posteriormente, se rellenaron los huecos y zonas barridas con estuco preparado con el mismo adhesivo. La consolidación de la pintura se realizó por el anverso y reverso de los fragmentos desprendidos debido a su grosor y a la facilidad de deformarse hacia la parte consolidada. En puntos concretos, se adhirieron pequeñas tiras de papel japonés fino con este adhesivo como refuerzo para su posterior manipulación y adhesión (Fig. 248)⁹²¹.

La fotografía 249 corresponde a la consolidación puntual realizada en la obra *Secuencia 41* de Genovés en el IVC+R⁹²². Previamente a la adhesión de los levantamientos con 20% Aquazol® 500, algunos puntos con pérdida de flexibilidad y cohesión, se consolidaron aplicando 10% de Aquazol® 200 mediante pincel. Las deformaciones se corrigieron con ayuda de una espátula caliente.

La tercera imagen (Fig. 250) muestra la aplicación "a la gota" de 3% cola de esturión en una pintura de V. Peris y U. Alemany de los años 80 (PVAc y pigmentos sobre loneta).

⁹²¹ Preparación realizada con cola de conejo y carbonato cálcico. Óleo mezclado con carbonato cálcico, virutas de hierro y arena.

⁹²² Realizada en 1998 con pintura acrílica y alquídica sobre tabla, presentaba pequeñas e importantes zonas de desprendimiento de capa pictórica situadas en los personajes situados en la diagonal izquierda.

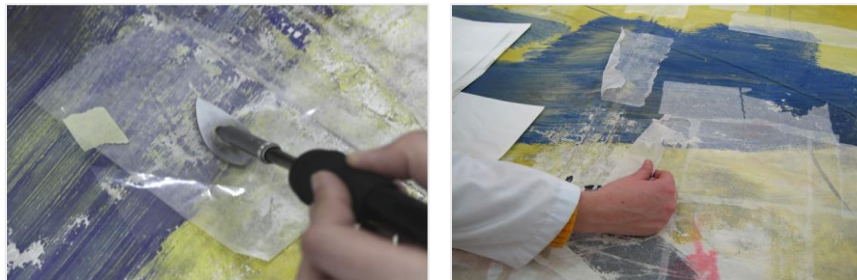


Fig. 251 y 252. Detalle sentado de color interponiendo papel japonés. Detalle eliminación. Obra V. Peris y U. Alemany (PVAc y pigmentos sobre loneta algodón). Exposición *Un tiempo un espacio*.

Si la superficie es tan delicada que no permite la aplicación directa del adhesivo mediante pincel, puede utilizarse un estrato de papel japonés intermedio (Fig. 251-252).

No obstante, la utilización de un papel antiadherente tipo *Rayon paper*, *PEL® Wet Strength Repair Tissue* o *Tengujo* permite su retirada antes del secado total proporcionando numerosas ventajas (Fig. 253-256)⁹²³.



Fig. 253-256. Secuencia consolidación *The Sun*. Munch. ©Munch Museet.

⁹²³ TalasOnline. *Usukuchi Rayon paper*. Copyright © 1999-2010 Talas. Brooklyn, NY. <www.talasonline.com> [Consulta: 11/04/10]. PRESERVATION EQUIPMETN LTD. <www.pel.eu>. [Consulta: 27/04/12]. Informante: Françoise Michel, conservador restaurador Schweizerisches Nationalmuseum Sammlugszentrum. [Consulta: 24/04/12].

La secuencia anterior, muestra el tratamiento realizado en una zona del lienzo *The Sun* de Munch realizada en el Munch Museet (Fig. 253-256). Una vez delimitada el área con White Spirit® a fin de evitar la migración del consolidante, se aplicó 2% de cola de esturión a pincel interponiendo un papel no adherente. El secado se realizó con papel de manos absorbente presionado sobre el anterior. Finalmente, se eliminó el papel estirándolo con cuidado⁹²⁴. Esta interesante técnica, que permite retirar el papel sin que queden partículas adheridas, evitando una nueva aportación de humedad para retirarlo, fue también empleada en la consolidación de la obra *Landi-Bild* (*Swiss National Museum*) realizada por Hans Enri con temple de caseína sobre contrachapado en 1939, con 1% JunFunori® a pincel⁹²⁵.

Otra opción para no desplazar las partículas desprendidas consiste en la adición de un 50% de alcohol a la solución consolidante⁹²⁶. Práctica rechazada por Michalski debido al incremento de tiempo necesario para diluir la solución consolidante en su viaje a través de un estrato pictórico saturado⁹²⁷.

7.5.3.2. Aplicación con aerosol y aerógrafo:



Fig. 257. Consolidación de *The Human Mountain*. E. Munch.
©Munch Museet.

El suministro de consolidantes en aerosol o *spray* ha sido una técnica muy empleada antes de la aparición de los nebulizadores por ultrasonidos en el tratamiento de pintura pulverulenta. Sin entrar en más detalles, decir que se trata de un método en el cual no se produce una distribución homogénea del polímero quedando normalmente en superficie a causa del tamaño de las partículas y del efecto de la evaporación (Fig. 257).

⁹²⁴ Cfr. MUNCH MUSEET. "Journal 3: Treatment of "The Sun"". *Op. cit.*

⁹²⁵ Cfr. MICHEL, F. "Funori and JunFunori: Two Related Consolidants With Surprising Properties". *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

⁹²⁶ Cfr. WELSH, E. "A consolidation treatment for powdery matte paint". *Conservation Online 2007*. [En línea]. *Annual meeting AIC*, 8, 1980. <http://palimpsest.stanford.edu>>. [Consulta: 01/06/2007].

⁹²⁷ MICHALSKI, S. *Op. cit.*, pp. 20-39

Esto produce un fuerte impacto sobre la superficie de la obra por desplazamiento de material, aumento del brillo y oscurecimiento. Una alternativa la constituyen los aerógrafos cuando es preciso aplicar un consolidante en disolvente orgánico que no puede usarse un nebulizador por ultrasonidos. En el tratamiento de *The Human Mountain* de Munch, se combinó la utilización de ambos sistemas⁹²⁸.

7.5.3.3. Nebulizadores neumáticos:

Estos permiten la aplicación de una gran cantidad de consolidante, si bien, la calidad de la consolidación es menor y su utilización no es adecuada en el tratamiento de superficies frágiles. Pues, estos mezclan el producto con aire a alta presión obteniendo partículas de un tamaño aproximado de 10-300 μm , mayores el que los gránulos de pigmento (1-10 μm). Debido a lo anterior y incremento de la evaporación, suelen formarse películas superficiales antes de producirse la penetración⁹²⁹.

7.5.3.4. Nebulizadores por ultrasonidos:



Fig. 258. Nebulizador.

Como vimos en el punto b.4.2, su utilización en conservación restauración comenzó a finales de los 80 con la adaptación de equipos para el tratamiento de afecciones respiratorias realizada por David Arnold. En 1989, Stefan Michalski desarrolló el prototipo llamado "*CCI-Mister*" en el *Canadian Conservation Institute*, fecha que marca el inicio de una amplia etapa de estudios sobre sus aplicaciones que dura hasta hoy día (Fig. 258)⁹³⁰.

⁹²⁸ Cfr. MUNCH MUSEET. "The Human Mountain. (Towards the light)". ©The Munch Museum 1999-2010. [En línea]. Oslo: Munch Museet, 2010. <www.munch.museum.no>. [Consulta: 17/04/10].

⁹²⁹ MICHALSKI, S. *Op. cit.*, p. 28.

⁹³⁰ HOUGH, M. *Op. cit.*, pp. 127-141. Cfr. MICHALSKI, S., DIGNARD, C., VAN HANDEL, L., ARNOLD, D. "The Ultrasonic Mister. Applications in the Consolidation of Powdery Paint on Wooden Artifacts". *Painted Wood: History and Conservation. Proceedings. Symposium*. [En línea]. Los Ángeles: GCI, 1998. <www.getty.edu>. [Consulta: 24/09/07], p. 512. Cfr. DIGNARD, C., MICHALSKI, S. "Consolidation of powdery paint using the ultrasonic mister". [En línea]. *CCI in Action*. Ottawa: CCI, 1993. <www.cci-

Su principio se basa en la creación de una fina niebla en la superficie de separación entre un líquido y el aire al incidir una onda ultrasónica sobre el primer medio⁹³¹. Su adaptación y desarrollo responde a la búsqueda de un sistema de consolidación capaz de mejorar la cohesión entre las partículas de pigmento y su adhesión al sustrato, minimizando a su vez, los cambios de aspecto en las capas intervenidas. Por tanto, constituye una versátil herramienta de trabajo, siendo una alternativa a los sistemas anteriores⁹³².

Puede emplearse en la consolidación de capas pictóricas pulverulentas (gouache, pastel, temple, pigmentos, óleo, tinta) sobre distintos soportes (papel, madera, tela, cuero, fibras, cobre). Habiéndose experimentado en la intervención de impresiones fotográficas de gelatina de plata, incluso como técnica pictórica⁹³³. Además, puede utilizarse en la corrección de deformaciones, rehidratación, limpieza, extracción de adhesivos o etiquetas, regeneración de barnices pulverulentos y aplicación de soluciones blanqueantes y desadificantes⁹³⁴.

icc>. [Consulta: 02/02/05]. PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C., PÉREZ MIRALLES, J. "Análisis y aplicaciones del nebulizador por ultrasonidos sobre obra pictórica y gráfica". *Unicum*. Nº 7, mayo. Barcelona: ACARC, 2008, pp. 160-169.

⁹³¹En formación de la niebla intervienen la potencia y duración de la radiación, frecuencia e intensidad de onda y las características del producto. Los nebulizadores en restauración trabajan con una frecuencia de 20KHz. PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C., PÉREZ MIRALLES, J. *Op. cit.*, pp. 160-169.

⁹³² MAHEUX, A.F., McWILLIAMS, W. *Op. cit.*

⁹³³ BARUKI, S. "Consolidation of mould and water damaged silver gelatine photographic prints: consolidator application using a nebuliser". *Annals of the 11th ABRACOR Meeting*. Río de Janeiro: ABRACOR-Barbosa Foundation, 2002. Cfr. CAVANAUGH, J. "The feasibility of ultrasonic misting as an inpainting technique". [En línea]. *WAAC Newsletter*, vol. 23, nº. 1, enero. Los Angeles: WAAC, 2001. <<http://palimpsest.stanford>>. [Consulta: 27/01/05]. DIGNARD, C., DOUGLAS, R., GUILD, S., MAHEUX, W. *Op. cit.*, p. 2.

⁹³⁴ Cfr. DIGNARD, C., MICHALSKI, S. "Ultrasonic misting. Part 1, experiments on appearance change and improvement in bonding". [En línea]. *JAIC Online*. Washington: AIC, 1997. <<http://aic.stanford.edu>>. [Consulta: 26/01/05]. DIGNARD, C., DOUGLAS, R., GUILD, S., MAHEUX, W. "Ultrasonic misting. Part 2, treatment applications." [En línea]. *JAIC Online*. Washington: AIC, 1997. <<http://aic.stanford.edu>>. [Consulta: 27/01/05]. Cfr., PATAKI, A., FAUBEL, W., HEISSLER, S., BANIK, G. *Op. cit.* HOROVITZ, I. "The consolidation of paintings on Copper supports". *Preprints 11th Triennial Meeting Committee for Conservation, ICOM*. Edimburgo: ICOM, 1996, pp. 276-281.

Aunque muchos especialistas señalan que las pinturas solubles al agua no pueden tratarse con medios acuosos, el nebulizador por ultrasonidos permite su utilización, no siendo estrictamente necesario optar por un adhesivo sintético. Sin embargo debemos valorar el efecto del agua como de cualquier otro disolvente sobre la pintura y el soporte, evitando el hinchado, la disgregación de estratos o la aparición de deformaciones.

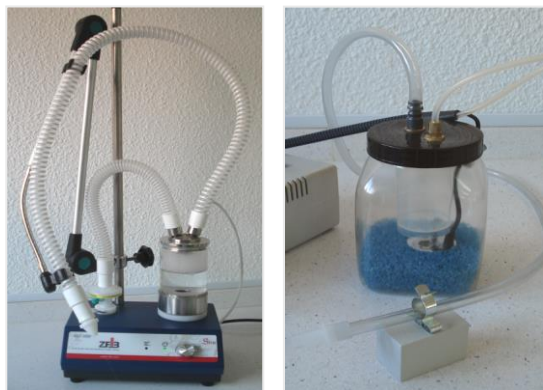


Fig. 259 y 260. Nebulizador de mesa ZFB y portátil W/Vn II®.

En el comercio encontramos diversos modelos específicos para restauración aunque es posible adaptar otros destinados a usos médicos.

Entre ellos destacan el *Aerosol Generating System AGS 2000 HS®* de *Lascaux* y la *Academy of Fine Arts de Stuttgart* en 1997 y su última versión del ZFB

(Zentrum für Bucherhaltung GmVH), Leipzig, Alemania (Fig. 259). Así como las versiones portátiles: mini nebulizador *W/Vn II®* y *USV-5®* desarrollados por Petra Demuth en la Universidad de Bellas Artes de Dresde, Alemania (Fig. 260)⁹³⁵.

El suave flujo de aire con el que las partículas de consolidante son transportadas impide la evaporación parcial manteniendo una viscosidad similar a la inicial, lo cual favorece la no alteración del acabado⁹³⁶. Por tanto, según las fuentes, teóricamente puede considerarse una de las mejores formas de aplicación en este tipo de intervenciones.

⁹³⁵ Cfr. LASCAUX COLOURS & RESTAURO. *Aerosol Generating System AGS 2000 HS®*. [En línea]. Switzerland: Lascaux Restauro, 2005. <<http://www.lascaux.ch>>. [Consulta: 14/01/05]. Cfr. Web Comercial Arte y Memoria, Manresa. Catálogo [En línea]. ZFB. "The new aerosol generating system". [En línea]. Zfb Zentrum für Bucherhaltung GmVH. Leipzig: ZFB, 2009. <www.zfb.com>. [Consulta: 12/10/09].

⁹³⁶ MICHALSKI, S. *Op. cit.*, p. 28.

Su tamaño (1-10 μm), es muy similar al de las partículas de pigmento de granulometría fina a media y menor que las de las fibras, poros del papel y craquelados (Tabla 41)⁹³⁷.

Entre las ventajas destacan: la capacidad de producir un ligero y atenuado impacto sobre la superficie que no desplaza las partículas, buena capacidad de penetración y distribución homogénea del consolidante, minimiza los cambios estéticos de brillo y color, permite el control de la cantidad y localización de la solución (pequeña área de trabajo), aplicación de consolidantes en bajas concentraciones, la viscosidad es similar a la del producto de partida, no se produce la evaporación parcial de las partículas (transportadas en un ligero flujo de aire saturado de vapor de solvente), versatilidad como humidificador y nebulizador, utilización conjunta de mesa de baja presión y mini mesa de succión⁹³⁸.

Las limitaciones y desventajas son: el lento y costoso proceso de trabajo por cm^2 que precisa de varias aplicaciones, el uso limitado de adhesivos, disolventes y concentraciones, el peligro de manchado por caída de gotas de condensación, riesgo de ligeros cambios de color/brillo y aumento de la transparencia, variación del tamaño de partículas nebulizadas según modelo (problema a la hora de consolidar pigmentos de pequeño tamaño), riesgo de desplazamiento de escamas, reparto insuficiente de consolidante a la hora de tratar levantamientos⁹³⁹. Además, en el tratamiento de grandes superficies debe rellenarse con más frecuencia el contenedor de soluciones, serían necesarios varios aparatos y un equipo de trabajo mayor.

Tabla. 41. \varnothing de partículas. D&M.

Instrumento	\varnothing partícula (μm)
Nebulizador	~1-10
Spray	~10-100
Nebulizador neumático	~10-300
Partículas pigmento	~1-10

⁹³⁷ Cfr. DIGNARD, C., MICHALSKI, S. "Consolidation of powdery paint using the ultrasonic mister". *CCI in Action*. [En línea]. Ottawa: CCI, 1993. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 02/02/05].

⁹³⁸ DIGNARD, C., MICHALSKI, S. *Op. cit.*, pp. 1-3. TURNER, N. "The AGS2000 Aerosol Generator: Creating a Mist Consolidant for Non-contact Media Consolidation". *WAAC Newsletter*. Vol. 30, N^o3, September. Washington: WAAC, 2008. MICHALSKI, S. *Op. cit.*, pp. 27-29.

⁹³⁹ En el caso de delaminaciones pulverulentas, puede aplicarse una nebulización ligera en primer lugar, y después una aplicación del consolidante a pincel.

Aunque el funcionamiento depende del modelo y de las características del nebulizador, las sustancias consolidantes suelen prepararse a concentraciones de 0'25%, 0'5%, 0'75% a 1% máximo, preferiblemente en disolución acuosa⁹⁴⁰. Las emulsiones sintéticas no deben emplearse dado que coagulan debido a la agitación y la temperatura, además de tener agregados de gran tamaño no recomendables para consolidar.

La estrategia del tratamiento mediante nebulizador implica realizar varias aplicaciones de producto dejando secar y evaluando los cambios de brillo, cohesión y adhesión. Podemos mejorar la penetración saturando previamente la superficie nebulizando agua desionizada. El resultado dependerá del tipo de pigmento, aglutinante y grosor del estrato, así como de la naturaleza del polímero y solvente utilizado. Después del tratamiento las superficies serán más fuertes pero seguirán siendo delicadas⁹⁴¹.

Se aconseja el uso de una lupa binocular para trabajos delicados, siendo posible alternar otros sistemas tales la humectación previa, el uso de atmósferas saturadas de disolvente para mejorar la penetración y distribución, la aplicación del consolidante a pincel, el uso combinado de mesas de baja presión para evitar deformaciones de soporte.

Existen multitud de obras en las que la consolidación ha sido resuelta utilizando nebulizadores por ultrasonidos. Como por ejemplo, el tratamiento realizado Andrea Pataki en la obra de Ross Sinclair *The Journey to the edge of the world-The new republic of St. Kilda*, 1999/2002, realizada con dibujos de tiza blanca sobre base acrílica negra con cartón como soporte⁹⁴². Una

⁹⁴⁰ El contenedor grande se rellena con agua desionizada y el menor con la solución consolidante. Tras colocar la boquilla deseada, se conecta el nebulizador, regulando el caudal de aire y se sitúa la boquilla a unos 1-2 cm de la superficie del objeto. Esta se mantiene estacionaria hasta que la zona empieza a saturar, desplazándola con rapidez antes de que se inunde, realizando movimientos circulares lentos o desplazamientos suaves de arriba a bajo, evitando las superposiciones o las aplicaciones heterogéneas. El oscurecimiento suele desaparecer después del secado. Tras la primera aplicación, la saturación es más rápida. Más información: PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C., PÉREZ MIRALLES, J. *Op. cit.*, pp. 160-169. HOUGH, M. *Op. cit.*, pp. 127-141.

⁹⁴¹ DIGNARD, C., DOUGLAS, R., GUILD, S., MAHEUX, W. (*Et al*). *Op. cit.*, pp. 2-6. MICHALSKI, S. *Op. cit.*, pp. 21-22.

⁹⁴² Cfr. PATAKI, A. "Einflussgrößen auf den Farbeindruck von pudernden Malschichten beim Konsolidieren mit Aerosolen" Tesis doctoral. [En línea]. Stuttgart: Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, 2005.

técnica sensible al roce y a la manipulación que fue tratada mediante la aplicación de 1% gelatina tipo B en agua desionizada. El lienzo *Death and Maiden* de E. Munch, en la que el consolidante escogido fue la cola de esturión⁹⁴³, o el tratamiento en 2005 del pastel blanco sobre tela de Giovanni Boldini, con 0'5% Klucel® G en etanol⁹⁴⁴.



Fig. 261. *El vendedor de cocos*. Consolidación de estratos por nebulización.

En la intervención de estabilización de la obra anteriormente citada *El vendedor de cocos* de S. Soria (1915-2010), se recurrió a la nebulización de 1% cola de esturión en las zonas de menor grosor, mientras que en un dibujo de Segrelles realizado con carboncillo, témpera y esmalte sobre papel, el producto aplicado fue 0,5% a 1% gelatina tipo B en agua desionizada (Fig. 261).

Dicho sistema, resulta una buena opción como intervención previa, pudiendo recurrir posteriormente al empleo de técnicas convencionales en áreas donde se precise de la aplicación de un consolidante a una concentración más elevada, como veremos a continuación⁹⁴⁵.

<www.insideinstallations.org>. [Consulta: 12/08/07]. PATAKI, A., FAUBEL, W., HEISLER, S., BANIK, G. "Consolidation with aerosols on a modern art object". *Symposium der Fachgruppe Moderne Kunst-Kulturgut der Moderne de VDR*. Köln: Museum Ludwig, 2004. PATAKI, A. "Consolidation of white chalk with aerosols". *ICOM 14th Triennial meeting*, The Hague, 12-16 September 2005. London: James & James, 2005.

⁹⁴³ TOPALOVA-CASADIEGO, B. *Op. cit.*

⁹⁴⁴ BORGHESE, P., FERRIANI, B. *Op. cit.*, p. 48.

⁹⁴⁵ ZYCH ZMUDA, K. "Consolidación de capas pictóricas degradadas sobre papel mediante nebulización de colas por ultrasonido". *IX Reunión del Grupo de Arte Contemporáneo*. Madrid: GEIIC-MNCARS, 2008, pp. 126-129.

7.5.3.5. Uso conjunto de la succión y presión:



Fig. 262. Mini mesa de succión, IVC+R.

Tal y como expusimos al tratar las intervenciones de adhesión o fijación, el uso combinado de la succión y presión, a través de las mesas de baja presión y mini mesas de succión, permite mantener las partículas desprendidas en contacto, inmovilizándolas durante el proceso de consolidación y adhesión.

Su uso favorece un reparto homogéneo del consolidante, acelerando su curado. Aunque ayuda a su penetración, existen ciertos límites que dependen del tamaño de las partículas consolidadas (Fig. 262)⁹⁴⁶. Como señalamos, permite la realización de tratamientos puntuales y el uso de planchas, espátulas calientes, lámparas de IR y nebulizadores⁹⁴⁷. No obstante la presión realizada con estos medios (espátulas y planchas) debe ser valorada por el riesgo de aplastamiento de texturas y formación de brillos al reactivar el consolidante y aglutinante. Si se precisa el uso de temperatura, basta con conectar la propia mesa o mini mesa de succión ajustándola digitalmente en un rango de seguridad⁹⁴⁸.

Con motivo de reducir la aplicación excesiva de consolidante y la formación de una película superficial (acumulación de consolidante por migración), se recomienda emplear una pequeña cantidad de producto al principio del proceso hasta que sea absorbido. Posteriormente, se realiza una mayor aplicación eliminando el excedente antes del curado total⁹⁴⁹. En caso de que

⁹⁴⁶ La succión facilita el movimiento del líquido si la presión capilar es menor que la presión de vacío aplicada. Favorece la penetración si los diámetros son mayores a $\sim 2\mu\text{m}$ (papel, textiles, craquelados, granulometrías medias o grandes), pero no en pigmentos finos. MICHALSKI, S. *Op. cit.*, pp. 31, 32.

⁹⁴⁷ MITKA, W. *Op. cit.*, pp. 167-170. Cfr., KEMP WEIDNER, M. "Treatment of Water Sensitive and Friable Media Using Suction and Ultrasonic Mist". *The Book and Paper Group. Annual*. Vol. 12. [En línea]. Washington: AIC, 1993. <<http://aic.stanford.edu>>. [Consulta: 24/09/07], pp. 1-15.

⁹⁴⁸ A temperatura controlada y mejor al vacío, se procede a la fusión del polímero, que difunde en la estructura del objeto, y luego solidifica reconstituyendo la cohesión perdida. VV.AA. *Op. cit.*, pp. 127-131.

⁹⁴⁹ HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 77.

sea necesario detener la succión, habrá que hacerlo lenta y cuidadosamente para no producir estrés. Las fuentes especializadas recomiendan la aplicación de una cubierta antiadherente y transparente para prevenir la prematura evaporación o reacción con la humedad ambiental mientras se utiliza la succión.

Combinando la baja presión y la temperatura, la consolidación de una obra del sueco Bengt Lindström (1925-2008), ejecutada en PVA, fue resuelta aplicando una mezcla de cola de esturión y funori (1:4) por nebulización⁹⁵⁰.

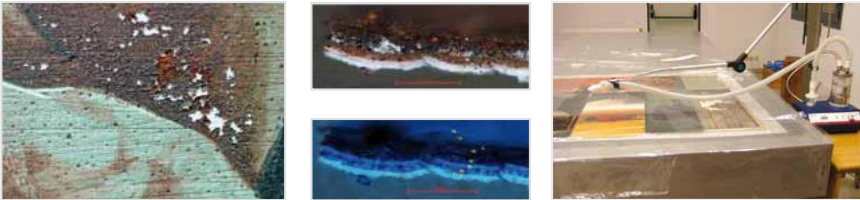


Fig. 263-266. *Más Cerca*, 1980, huevo y resina vinílica, Genovés. Colección Martínez Guerricabeitia-UV. Detalle lagunas, levantamientos y repintes. Estratigrafías. Tratamiento en mesa de baja presión y uso del nebulizador por ultrasonidos.

Dichas técnicas se emplearon en la restauración del lienzo *Más Cerca*, mezcla de huevo y acetato de polivinilo, 1980, Genovés (1930). En este caso se utilizó Klucel® G en etanol (1% nebulizado y 5%: técnica a la gota mediante pincel; temperatura: 34°C). Fig. 263-266⁹⁵¹.

7.5.3.6. Atmósferas saturadas de solvente:

La utilización de atmósferas saturadas de solvente constituye un método diseñado para reducir la evaporación, prevenir la aparición de cercos y mejorar los tratamientos de consolidación. Sin embargo, la idoneidad de su utilización dependerá del tamaño y naturaleza de la pintura a tratar.

⁹⁵⁰ Fijación: (1:1) a pincel y secado bajo peso y presión. CUDELL, A., CARBALLO, J., CALVO, A., MARTINS, A., SARAIVA, S. "Proceso de intervención en una pintura de Bengt Lindström realizada con aglutinante de PVA". *Conservación de Arte Contemporáneo 10ª Jornada*. Madrid: MNCARS-GEIIC, 2009, pp. 197-202.

⁹⁵¹ GARCÍA HERNÁNDEZ, G. "Un cas d'incompatibilitat de tècniques: Més prop, 1980, de Joan Genovés". *La conservació d'art contemporani. Casos d'estudi a partir de la Col.lecció Martínez Guerricabeitia de la Universitat de València*. Valencia: GMC, 2011, pp. 49-62. Intervención realizada en el D.C.R.A.C. IVC+R por Greta García. Coordinación: F. Sarrió y Dirección: C. Pérez.

Esencialmente el objeto se envuelve en una bolsa denominada AtmoBagTM, introduciendo un contenedor con el mismo solvente en el que el polímero fue disuelto (mejor de evaporación lenta) junto a las herramientas necesarias⁹⁵². Otra versión es emplear plástico barrera para rodear la obra o papel impregnado en solvente. El objeto es consolidado mediante pincel una vez que el interior se satura, favoreciendo su distribución y penetración máxima del consolidante gracias a la presencia de dichos vapores. El curado se produce fuera de la bolsa⁹⁵³. Este método ofrece algunas ventajas como la amplia gama de solventes a emplear o la saturación de la atmósfera con disolventes de baja volatilidad para prevenir la evaporación. Por contra, deben considerarse la sensibilidad de los materiales y los límites de su aplicación en el tratamiento de objetos de gran tamaño⁹⁵⁴.

Grattan experimentó el uso del monómero gaseoso Parileno bajo mesa de succión, lo cual supuso un éxito en el tratamiento de materiales frágiles como insectos o papel, aunque dicho método no era viable en la intervención de objetos de madera debido al descenso de la HR Además, su uso era puntual y elevado el coste del equipamiento⁹⁵⁵.

En caso de seleccionar consolidantes acuosos puede saturarse el interior de la bolsa con un 60% de humedad relativa, lo cual evita la migración y formación de cercos al saturar y rellenar los poros⁹⁵⁶.

⁹⁵² AtmoBagTM (Aldrich Chemical Co): bolsa de plástico barrera transparente atmósferas saturadas de solvente. Cfr. HANSEN, E., LOWINGER, R., SADOFF, E. Consolidation of porous paint in a vapor-saturated atmosphere. [En línea]. *JAIC Online*, vol. 32, nº. 1, art. 1. Washington: AIC, 1993. <<http://aic.stanford.edu>>. [Consulta: 18/12/03]. El dietilbenceno mejora la actuación del Paraloid B-72 en medios porosos. WELSH, E. *Op. cit.*

⁹⁵³ HOUGH, M. *Op. cit.*, pp. 127-141. ELIAS, M., SINDACO, C. *Op. cit.*, p. 90.

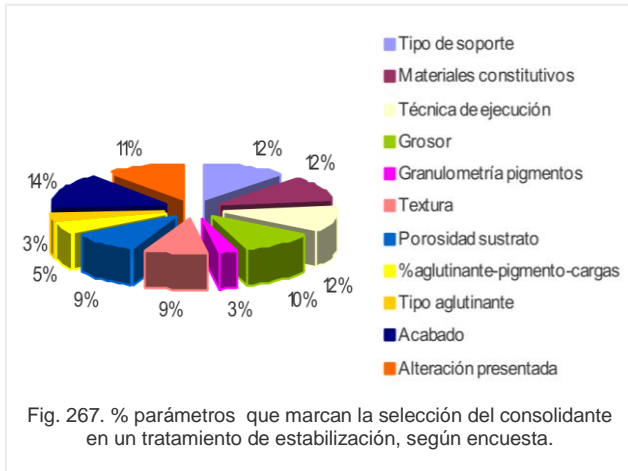
⁹⁵⁴ HANSEN, E. F., LOWINGER, R., SADOFF, E. *Op. cit.*

⁹⁵⁵ Tras un proceso de pirolisis el gas llega a ser un polímero capaz de formar un *film* extremadamente fino menor a un micrón y casi invisible bajo microscopio. GRATTAN, D. W. "Parylene at the Canadian Conservation Institute: an initial survey of some application". *Preprints of the 9th triennial meeting of the ICOM Committee for Conservation*. Vol. 1. Dresden: ICOM CC, 1990, pp. 557-561. Vapor químico polímero poli (p-xileno) usado como barrera de humedad y aislante eléctrico. Cfr. WU CHIA LI, R. M^a., GRUBER, J. "Síntese De Poli (P-Xililenos)". *Quimica Nova*. Vol. 22, nº 6. [En línea]. Sao Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 1999. <<http://quimicanova.s bq.org.br>>. [Consulta: 10/01/10], pp. 821-827.

⁹⁵⁶ ZYCH ZMUDA, K. *Op. cit.*, pp. 126-133.

7.5.4. Selección de la sustancia consolidante:

Pese a existir un amplio rango de productos disponibles tal y como se expone en los puntos siguientes, la mayor atención de las investigaciones se ha centrado en los métodos y sistemas de aplicación de dichas sustancias debido a su influencia sobre los resultados obtenidos (Fig. 267)⁹⁵⁷. No obstante, en el tratamiento de pinturas mates parece existir una cierta tendencia a emplear polímeros como el funori, JunFunori®, MC o Klucel® G⁹⁵⁸.



Al igual que ocurre con la selección de una sustancia adhesiva, escoger una u otra sustancia consolidante, así como un determinado sistema de aplicación está influenciado por una serie de variables.

Entre ellas destacan el acabado de la obra (mate, brillante, liso, texturizado), la técnica, los materiales constitutivos y la tipología de alteración⁹⁵⁹. Por tanto, debemos tener en cuenta las características de los estratos a consolidar (composición, acabado, número de capas, grosor, porosidad, comportamiento mecánico, tipo de pigmento), ya que no es lo mismo tratar un

⁹⁵⁷ VV.AA. *Science. Op. cit.*, p. 127-131. HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 77. HOUGH, M. *Op. cit.*, pp. 127-141.

⁹⁵⁸ ELIAS, M., SINDACO, C. *Op. cit.*, p. 94. LÓPEZ, T. "Restauración de la obra de Rafael Baixeras en el Centro Galego de Arte Contemporáneo". *Actas I Congreso GEIIC. Conservación del patrimonio: Evolución y nuevas perspectivas*. Valencia: Grupo Español del IIC, 2002, p. 209. VV.AA. "Open Studio e intervento...". *Op. cit.*, pp. 175-198.

⁹⁵⁹ Fuente: Especialistas encuestados.

temple de cola que una pintura acrílica porosa. Pues, los resultados pueden diferir según estas variables⁹⁶⁰.

Aunque a veces se han empleado los mismos polímeros como adhesivos o consolidantes variando su concentración y medio de aplicación, para Roche la selección de un consolidante debe realizarse teniendo en cuenta todos los factores responsables de la degradación de la obra (ver C.4)⁹⁶¹. Esto es, si se ha producido a causa de factores ambientales, de accidentes, por fallos en la técnica aplicada o por falta de aglutinante, etc.

En cuanto al comportamiento mecánico, Mecklenburg señala que el consolidante deberá ser compatible a este nivel, aportando unas propiedades similares que los estratos dañados. De ahí que sea necesario considerar las propiedades mecánicas y dimensionales de los materiales constitutivos de la obra (compatibilidad mecánica, magnitud de fuerzas y estrés desarrollados en las distintas capas), ya que los materiales que forman la estructura de la pintura pueden actuar independientemente frente a las oscilaciones termohigrométricas⁹⁶². Por esto mismo, debemos tener en cuenta las condiciones ambientales que rodearán la obra a su regreso al lugar de origen⁹⁶³.

Para otros especialistas la clave selección de una sustancia consolidante radica en que tenga un bajo índice de refracción y en su estabilidad tras el envejecimiento. En opinión de Hough, el índice de refracción del consolidante e incluso el tipo de polímero tendría un pequeño efecto en la apariencia final de la zona tratada aún produciéndose una penetración completa debido a la escasa presencia de aglutinante⁹⁶⁴.

⁹⁶⁰ La viscosidad puede variarse mediante el peso molecular del adhesivo, su concentración y la temperatura. MICHALSKI, S., *Op. cit.*, pp. 27-29. MATTEINI, A., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 302. ELIAS, M., SINDACO, C. *Op. cit.*, p. 89. LORNE, A. *Op. cit.*, pp. 33-49.

⁹⁶¹ Estudiando la microestructura de la pintura alterada seremos capaces de afinar el grado de alteración y adoptar el mejor sistema para su consolidación. ROCHE, A. *Op. cit.*, p. 66.

⁹⁶² MECKLENBURG, M. *Meccanismi di cedimento nei dipinti su tela: approcci per lo sviluppo di protocolli di consolidamento. Failure mechanisms in canvas supported paintings: approaches for developing consolidation protocols*. Padova: Il Prato, 2007.

⁹⁶³ ROCHE, A. *Op. cit.*, p. 66.

⁹⁶⁴ HOUGH, M. *Op. cit.*, pp. 127-141.

En la bibliografía especializada hallamos gran cantidad de referencias sobre los productos más adecuados para la consolidación de pinturas sin barnizar, porosas y de aspecto mate, los cuales han ido variando y evolucionado a lo largo de los años a raíz de nuevas investigaciones y la incorporación de nuevos productos, tal y como se expuso con detalle en el estado de la cuestión (punto b.4.3) y Capítulo 5⁹⁶⁵.

Si hacemos memoria y observamos el siguiente gráfico (Fig. 268), podemos ver que entre los consolidantes sintéticos y semisintéticos más utilizados se encuentran el Paraloid® B-72, la Beva® 371 o los éteres de celulosa, junto a otros como el Plexisol® P550 o el alcohol polivinílico⁹⁶⁶.

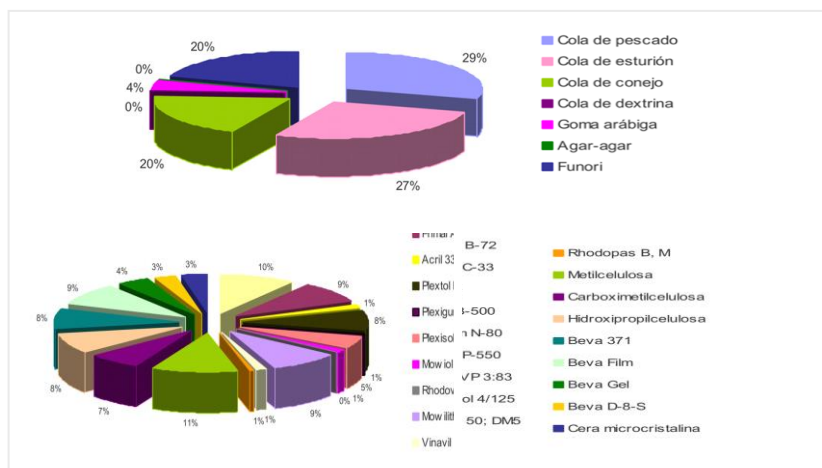


Fig. 233. Polímeros e intervenciones de estabilización según encuestados.

⁹⁶⁵ Consultar características y aplicaciones de cada polímero en el Capítulo 5.

⁹⁶⁶ HANSEN, E., LOWINGER, R. *Op. cit.* p. 4. WELSH, E. *Op. cit.* ELIAS, M., SINDACO, C. *Op. cit.*, p. 90. BORGIOI, L. *Op. cit.*, p. 134. FELLER, R.L., WILT, M. *Evaluation of Cellulose Ethers for Conservation*. Los Angeles: GCI, 1990. SHASHOUA, Y., BRADLEY, S.M., DANIELS, V.D. "Degradation of cellulose nitrate adhesive". *Studies in Conservation*. Vol. 37, nº 2. London: IIC, 1992. Cfr. DERBYSHIRE, A., RUTHERSTON, J. "A Review of Evaluation of Cellulose Ethers for Conservation". *V&A Conservation Journal*. October, I.1. [En línea]. London: V&AM, 1991. <www.vam.ac.uk>. [Consulta: 02/08/09]. BERGER, B. "Conservation of a rare work by Picasso". Preprints of papers 4th annual meeting of the AIC, Dearborn, 1976. Washington: AIC, 1977, p. 29. BORGHESE, P., FERRIANI, B. *Op. cit.*, pp. 41-57.

La mayoría se ha empleado tanto en los tratamientos de adhesión como en los de consolidación⁹⁶⁷, aunque posteriormente se ha descubierto que el tamaño de sus moléculas o sus pobres propiedades cohesivas son una desventaja en las consolidaciones (Beva® 371 o Plexisol® P550). Del mismo modo, se prefiere el uso de las emulsiones como adhesivos debido a su escasa penetración.

De las resinas epoxi y diisocianacrilatos sugeridos en décadas anteriores, se ha pasado a la introducción de otros polímeros aplicados en obras contemporáneas o todavía por evaluar: los homopolímeros de amidas terciarias alifáticas Aquazol®, los elastómeros fluorados Fluoline® HY⁹⁶⁸, el Ciclododecano, la nueva dispersión acrílica *Lascaux® Medium for Consolidation*⁹⁶⁹, las microemulsiones acrílicas Acril Me®, el Rexil®, el Regalrez® 1126 o el Nanorestore®⁹⁷⁰, en materiales inorgánicos.

⁹⁶⁷ BUZZEGOLI, E., LANDI, L., MINOTTI, D. *Op. cit.*, p. 85. BERGER, B. *Op. cit.*, p. 8. Cfr. BUZZEGOLI, *Et al.* "Due casi di restauro di dipinti di artisti pugliesi contemporanei". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Congresso CESMAR7. Milano, 2008. Cfr. ROSSI DORIA, M. "Fenomeni di deterioramento su dipinte su tela: come costruire un approccio più meditato nei problemi dei consolidamento". *Atti Congresso CESMAR7*, 2006, p. 17.

⁹⁶⁸ WOLBERS, R., MCGYNN, M., DUERBECK, D. "Poly(2-Ethyl-2-Oxazoline): a new conservation consolidant". *Painted Wood. Proceedings of the Symposium in Williamsburg*. Virginia: 1994, pp. 514-527. KNIGHT, E., BORGIOI, L. "Un nuovo polimero per il consolidamento". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, pp. 188-189. ARSLANOGLU, J. "Aquazol as used in conservation practice". *WAAC Newsletter*. Vol. 26, nº 1, 2004. BORGIOI, L., FERRIANI, B. "Spicchi d'Igloo di Mario Merz". *Atti del Congresso "Lo stato dell'arte 4"*. Siena, 28-30 settembre 2006. CTS "Sempre più Aquazol" *Bollettino*. [En línea]. C.T.S Italia <www.ctseurope.com>. [Consulta: 21/08/09]. BUZZEGOLI, E., LANDI, L., MINOTTI, D. *Op. cit.*, p. 85. VV.AA. *Op. cit.*, pp. 175-198. HOUGH, M. *Op. cit.*, pp. 127-141.

CALVO MANUEL, A. *Op. Cit.*, p. 336. Cfr. Grupo Español IIC. Foro [en línea]. Madrid: GeIIC, 2007. <www.ge-iic.com>. [Consulta: 17/06/07].

⁹⁶⁹ HEDLUND, H.P., JOHANSSON, M. "Prototypes of Lascaux's Medium for Consolidation. Development of a New Custom-made Polymer Dispersion for Use in Conservation". *Restauro*. 6, Munich: Restauro, 2005, pp. 432-439. Cfr. LASCAUX COLOURS & RESTAURO. *Lascaux® Medium for Consolidation*. Brüttsellen Switzerland: Lascaux Restauro, 2011. [En línea]. <http://lascaux.ch/en/>. [Consulta: 14/05/2011].

⁹⁷⁰ Cfr. CTS. "Microemulsioni acriliche". *Bollettino (17.1. Nuovi Prodotti)*. [En línea]. CTS. <www.ctseurope.com>. [Consulta: 09/08/09].

Tal y como señalamos en el estado de la cuestión, los polímeros naturales vuelven a revalorizarse gracias a una producción más controlada y de calidad (JunFunori®, gelatina tipo B), a causa del desarrollo del nebulizador o debido a la capacidad de las proteínas de formar geles (estrategia interesante en consolidación). Se investiga la modificación de algunas características a través de la adición de otros polímeros (ej. Aquazol® con cola de esturión o gelatina, funori con cola de esturión)⁹⁷¹.

Como pauta general, suelen escogerse los más transparentes, de baja coloración, flexibilidad y estabilidad⁹⁷², preparándose en bajas concentraciones tras evaluar la acción del polímero, la de los solventes y los efectos de la técnica empleada, a fin de garantizar una menor viscosidad y una mayor penetración⁹⁷³.

Las proporciones recomendadas para este tipo de tratamientos van del 0'25% al del 5% según el sistema de aplicación y tipo de polímero⁹⁷⁴. No obstante, un 5% puede considerarse una concentración excesiva⁹⁷⁵.

Cfr. GEIIC. *Nanorestore*®. [En línea]. GEIIC. <<http://ge-iic.com>>. [Consulta: 08/05/11]. Cfr. CTS. "Rexil: novità per l'universo legno". *Bollettino (19.1. Nuovi Prodotti)*. [En línea]. CTS. <www.ctseurope.com>. [Consulta: 09/08/09].

⁹⁷¹ BERGEAUD, C, SINDACO, C. *Op. cit.*, pp. 166-167.

⁹⁷² MICHALSKI, S., *Op. cit.*, p. 29. Cfr. CCI. "Adhesives and Consolidants for Conservation: Research and Applications. Symposium 2011". <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 04/02/11]. ELIAS, M., SINDACO, C. *Op. cit.*, pp. 90-94. MICHEL, F. "JunFunori-A new medium for the consolidation of matte paint". *Symposium 2005, Residenz München, Max-Josef-Saal*. [En línea]. <www.restauratoren.de>. [Consulta: 21/01/05]. MICHEL, F., GEIGER, T., REICHLIN, A., TEOH-SAPKOTA, G. "Funori, ein japanisches Festigungsmittel für Matte Malerei". *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*. Nº 16, 2002. [En línea]. <www.empa.ch>. [Consulta: 12/01/08]. LAVORINI, B, ORATA, L. "Il consolidamento di un dipinto a tempera magra su tela. V.M. Bigari, Guerriero che offre un sacrificio, collezione privata". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7. Milano 2006. Padova: Il Prato, 2008, p. 178. BERGEAUD, C, SINDACO, C. "Il consolidamento dei difetti di adesione e coesione di una tempera magra su tela di Vuillard. L'apporto della Jun-Funori nel trattamento" *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7. Milano 2006. Padova: Il Prato, 2008, pp. 166-167. CALVO, A. *Op. cit.*, p. 336. CARNAZZA, P. *Op. cit.*, pp. 182-184.

⁹⁷³ HANSEN, E., LOWINGER, R. *Op. cit.* FELLER, R., KUNZ, N. *Op. cit.*, p. 70.

⁹⁷⁴ Ej. concentraciones empleadas: 2% cola de esturión, 2-3% cola de piel, 1% funori, 1% JunFunori®, 3,5% Plexisol® P550 en éter petróleo 80-100°C.

Tabla. 42. Ej. % consolidantes según bibliografía.

%	Consolidante y agua desionizada
3,5	Plexisol® B550 (éter petróleo)
1	MC Methocel® A4C
1	Klucel® G
1	Funori
1	JunFunori®
2	Cola de esturión
1	Gelatina

Tabla. 43. % nebulización ultrasonidos.

%	Consolidante y agua desionizada
0´5	Tylose® C-300
0,25-0,4	MC Methocel® A4C
0,25	Klucel® G
0,5-0,75	Funori
0,5	Cola de esturión
0,5	Gelatina

Según Hough, a fin de mantener la apariencia mate y evitar cambios de aspecto un estrato poroso, el tratamiento debería comenzar con una proporción de consolidante de 0´5 a 1%, e ir incrementándola paulatinamente⁹⁷⁶. Otros especialistas, se decantan por realizar aplicaciones repetidas a una misma concentración, siendo esta muy baja. La tabla anterior, muestra a modo de ejemplo algunos ejemplos de concentraciones de consolidante referenciados en las fuentes consultadas (Tabla 42).

En el caso de los nebulizadores por ultrasonidos, parece existir una variación máxima de concentraciones en relación con el tipo de nebulizador, viscosidad de la mezcla y frecuencia de la onda, que oscila entre 0,25% a 1%. Además, la cantidad de polímeros y solventes a emplear es limitada, siendo preferibles las disoluciones acuosas (Tabla 43).

A la hora de preparar el consolidante es necesario calibrar muy bien la actuación y volatilidad del disolvente a fin de que lo transporte evaporando lentamente hasta que el polímero sea absorbido por el material poroso⁹⁷⁷. Cuanto más volátil sea, menos tiempo tendrá para penetrar con profundidad, incrementándose la viscosidad inicial de la mezcla. El disolvente no debe disolver el aglutinante y/o pigmento, ni ser excesivamente retentivo y reactivo⁹⁷⁸.

⁹⁷⁵ MICHALSKI, S. *Op. cit.*, pp. 27-29.

⁹⁷⁶ HOUGH, M. *Op. cit.*, pp. 127-141.

⁹⁷⁷ Cfr. LASCAUX COLOURS & RESTAURO. *Aerosol Generating System AGS 2000 HS®*. [En línea]. Lascaux Farbenfabrik. Switzerland: Lascaux Restauro, 2005. <www.lascaux.ch>. [Consulta: 14/01/05]. PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C., PÉREZ MIRALLES, J. *Op. cit.*, pp. 160-169.

⁹⁷⁸ Los solventes empleados en formulaciones comerciales suelen ser menos puros y volátiles. MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 203.

Michalski señala que debe considerarse su poder eluyente para garantizar su correcta distribución, recomendando ensayar con distintas mezclas polímero-solvente⁹⁷⁹(C.6). Además de la tasa de evaporación, Pataki afirma que debemos tener presente la temperatura de aplicación y activación, el grado de polimerización, la viscosidad o la concentración (Tabla 44)⁹⁸⁰.

Tabla. 44. Consolidante: parámetros. Hansen y Pataki.

Parámetros
Viscosidad
Concentración
Grado de polimerización DP
Temperatura

No obstante, en opinión de Michalski, el único parámetro que el restaurador puede controlar es la viscosidad⁹⁸¹, la cual puede limitar la penetración del consolidante en estratos de granulometría fina o media, aumentando con la temperatura y con disolventes muy volátiles.

Volvemos a insistir en que esta puede verse reducida al emplear emulsiones y polímeros de alto peso molecular⁹⁸², así como por ascenso de la concentración del consolidante por uso continuado

del pincel⁹⁸³. Así mismo, las soluciones acuosas tendrán una baja mojabilidad en capas manchadas con agentes grasos o formuladas con ceras o aceites, con el riesgo añadido de la posibilidad de formación de micelas⁹⁸⁴.

⁹⁷⁹ Las soluciones diluidas reducen la viscosidad pero pueden depositar el polímero heterogéneamente. Michalski y Dignard comenzaron a clasificar los consolidantes para restauración en función del solvente. Se ha estudiado la influencia del solvente (agua, etanol y xileno), polímero y sistema de aplicación en el tratamiento de obras sin barnizar con diferentes tipos de pintura y pigmento, constatando la aparición eventual de aureolas y reacciones químicas del solvente con el pigmento. Los aromáticos son idóneos por su capacidad de penetración, pero son muy tóxicos. Más información: MICHALSKI, S., *Op. cit.*, p. 34, 46. ROSSI DORIA, M. *Op. cit.*, p. 19. BUZZEGOLI, E., LANDI, L., MINOTTI, D. *Op. cit.*, p. 85. ELIAS, M., SINDACO, C. *Op. cit.*, pp. 92-93.

⁹⁸⁰ HANSEN, E., LOWINGER, R. *Op. cit.*, p. 1. PATAKI, A. Apuntes curso "Adhesivos aplicados a la restauración de papel". Valencia: IVC+R, 10/2007.

⁹⁸¹ Junto a la granulometría y grosor del estrato pulverulento (diámetros de las partículas y poros capilares) puede realizarse un cálculo aproximado del tiempo que el consolidante tardará en atravesar el material dañado (ver C.6). MICHALSKI, S. *Op. cit.*, pp. 27-30.

⁹⁸² Si la resina está disponible en varios pesos moleculares (MC: alta viscosidad incluso al 0,2%), es preferible emplear uno bajo o medio. Las resinas en solución y colas animales darán bajas viscosidades. MICHALSKI, S., *Op. cit.*, p. 33. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 67-70.

⁹⁸³ Una disolución de 10% Paraloid® B-72 (~3 mPas) aplicado a *spray* o pincel en un día caluroso, sufrirá un incremento de la concentración de un 40%

Según Rossi Doria, la cantidad de solvente aplicado también tiene mucha importancia a la hora de obtener una correcta penetración⁹⁸⁵. Pues, si es excesiva se producirá una retracción y contracción del volumen durante el secado⁹⁸⁶. Además, influye directamente en el aumento de la viscosidad y en la denominada migración de retorno inversa (ver C.6)⁹⁸⁷.

Si retomamos las ideas expuestas en el capítulo anterior y punto 7.5.2., recordaremos cómo la penetración puede incrementarse a través de la selección de disolventes con baja o media volatilidad, del aumento de la capacidad de humectación y disminución de la tensión superficial (etanol, hiel de buey, Tween® 20), de la reducción de la viscosidad, o de la selección de polímeros con tamaños de partícula pequeños y bajo peso molecular. Como vimos, otras técnicas consisten en la saturación de los poros, en el uso de atmósferas saturadas, en la aplicación múltiple de soluciones diluidas, uso de la succión y temperatura⁹⁸⁸. Sin embargo, se trata de un proceso complejo, en el cual la migración del consolidante puede ser heterogénea e incluso impermeabilizar las superficies⁹⁸⁹.

En este punto es necesario hacer referencia al poder consolidante del agua. Parece ser que los pigmentos arcillosos como los ocre y el caolín, tienen la capacidad de absorberla sobre las superficies de sus partículas, formando enlaces de hidrógeno que le confieren a la capa de color cierta cohesión⁹⁹⁰.

llegando a ~1000 mPas. Esto reducirá el tiempo y distancia de la penetración (15 sg 100µm), obteniéndose una consolidación superficial. En materiales con poros mayores a ~10µm (lino, papel, la mayoría de los craquelados), la penetración será más sencilla. MICHALSKI, S., *Op. cit.*, pp. 30-33.

⁹⁸⁴ *Ibidem*. HANSEN, E., LOWINGER, R. *Op. cit.*, pp. 1-5.

⁹⁸⁵ ROSSI DORIA, M. *Op. cit.*, p. 17.

⁹⁸⁶ SAN ANDRÉS, M., DE LA VIÑA, S. *Op. cit.*, p. 337. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 66-67.

⁹⁸⁷ MICHALSKI, E. *Op. cit.*, pp. 34-35, 40.

⁹⁸⁸ La elección de bajo peso molecular puede ser de ayuda, pero en general estos polímeros tienden a ser más frágiles para ser considerados como consolidantes. MICHALSKI, E. *Op. cit.*, p. 37. HANSEN, E., LOWINGER, R. *Op. cit.*, pp. 1-5. BERGER, G., RUSSELL, W. *Op. cit.*, p. 25.

Ej. 1% cola de esturión, 0'5% Tween® 20 y 99 ml agua y mesa de baja presión. VV.AA. *Op. cit.*, pp. 175-198.

⁹⁸⁹ MICHALSKI, S., *Op. cit.*, pp. 33-35. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 262.

⁹⁹⁰ HANSEN, E., LOWINGER, R. *Op. cit.*

Aparte de todos los factores a los que se ha hecho alusión, la selección del consolidante puede hacerse en función del acabado, aunque para algunos autores se trata de un factor poco significativo debido a la pequeña cantidad de polímero introducido (ej. el funori o la metilcelulosa dan acabados mates, mientras que el Aquazol® 200 formará capas más brillantes).

Respecto a la adición de fungicidas en consolidantes naturales, decir que es preferible preparar pequeñas cantidades a partir de extractos desecados y desecharlas a los pocos días de su hidratación, o bien cubrir las disoluciones ya gelificadas con etanol en la nevera⁹⁹¹.

El envejecimiento y evolución del polímero introducido en una intervención de restauración encierra aún múltiples incógnitas. Por tanto, debemos decantarnos por aquellos productos más estables en determinadas condiciones ambientales y de los que tengamos mayor información (descartaremos los productos fotosensibles si la obra está al exterior o expuesta a iluminación no filtrada, aquellos con fuertes respuestas dimensionales si el lugar de almacenaje o exposición no cuenta con control ambiental, o aquellos que dan subproductos ácidos o presentan problemas de estabilidad debido a la presencia de aditivos)⁹⁹². Al respecto Borgioli afirma que no existe el producto mejor, sino el mejor para cada situación⁹⁹³.

Aparte, hay que tener en cuenta la presencia de otros polímeros introducidos en intervenciones anteriores, que pueden frenar o aumentar la penetración, así como reactivarse con aportación de calor o solvente⁹⁹⁴.

Para concluir, señalar que hasta la fecha, no encontramos ningún estudio que relacione la selección del adhesivo y/o consolidante respecto a la afinidad del polímero con naturaleza de la pintura, pero sí respecto a los enlaces químicos que se establecen entre estos y ciertos pigmentos⁹⁹⁵.

⁹⁹¹ Este sistema permite la preparación de concentraciones exactas a peso.

⁹⁹² BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 26-27, 67-70.

⁹⁹³ BORGIOI, L. "Analisi degli strumenti di ricerca e di diagnosi scientifica. Pesi Molecolari e GPC". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, p. 133. MATTENI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 197.

⁹⁹⁴ HANSEN, E., HEARNS BISHOP, M. "Factors Affecting the Re-Treatment of Previously Consolidated Matte Painted Wooden Objects" *Painted Wood*. Proceedings of a Wooden Artifacts Group of The AIC. Los Angeles: GCI, 1998.

⁹⁹⁵ ROCHE, A., OTTOLINI, S., RIGGIARDI, D. *Op. cit.*, pp. 137-158.

7.5.5. Requisitos básicos de las intervenciones y consolidantes:

7.5.5.1. Requisitos de una intervención de consolidación⁹⁹⁶:

- Mejorar la cohesión del estrato, proporcionando su adhesión al sustrato subyacente, mediante una mínima cantidad efectiva de consolidante⁹⁹⁷.
- Favorecer la distribución y penetración homogénea del consolidante⁹⁹⁸.
- Compatibilidad física, química y mecánica con la obra.
- No alterar el acabado estético de la pintura y su concepto.
- Estabilidad a corto y largo plazo.
- Que garantice la posibilidad de realizar tratamientos futuros.
- Bajo riesgo para el restaurador.

7.5.5.2. Requisitos de los consolidantes (Fig. 269):

- Hallarse en buenas condiciones, penetrar el estrato distribuyéndose homogéneamente tras la evaporación del solvente⁹⁹⁹.
- Debe proporcionar un poder cohesivo y adhesivo adecuado.
- Temperatura de aplicación y/o activación compatible con la obra.
- El tiempo de secado debe garantizar la penetración.
- Compatibilidad química, física y mecánica con los materiales.
- Debe ser transparente e incoloro y no alterar el acabado de la obra¹⁰⁰⁰.
- Debe ser estable y tener un buen envejecimiento¹⁰⁰¹.
- El producto debe garantizar la posibilidad de futuros tratamientos.
- Facilidad de aplicación y baja o nula toxicidad para el restaurador¹⁰⁰².

⁹⁹⁶ CARNAZZA, P. *Op. cit.*, p. 182-184.

⁹⁹⁷ VV.AA. "Due casi di restauro di dipinti di artistici pugliesi contemporanei". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Apuntes congresso CESMAR7 Milano, 2008. HOUGH, M., *Op. cit.*, pp. 127-141.

⁹⁹⁸ HANSEN, E., LOWINGER, R. *Op. cit.*, p. 1.

⁹⁹⁹ BRACCO, P., CIAPPI, O. *Op. cit.*, p. 50.

¹⁰⁰⁰ MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, p. 97. CARNAZZA, P. *Op. cit.*, p. 182-184.

¹⁰⁰¹ *Ibid.*, pp. 97-105.

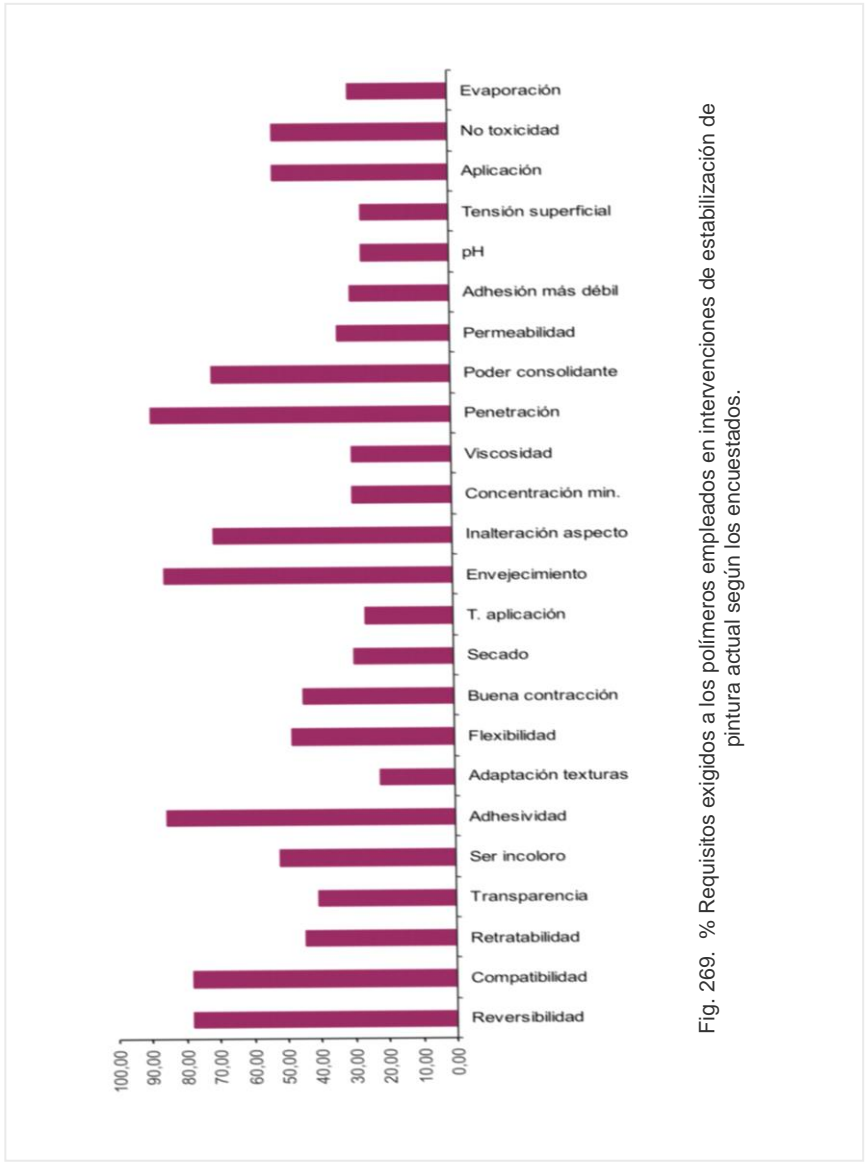


Fig. 269. % Requisitos exigidos a los polímeros empleados en intervenciones de estabilización de pintura actual según los encuestados.

¹⁰⁰² HORIE, C.V. *Op. cit.*, pp. 4-5.

7.5.6. PROBLEMAS EN LOS TRATAMIENTOS DE CONSOLIDACIÓN:

Los problemas que pueden surgir durante la ejecución y tras realizar un tratamiento de consolidación son muy variados, y tienen mucho que ver con los sistemas de aplicación¹⁰⁰³.

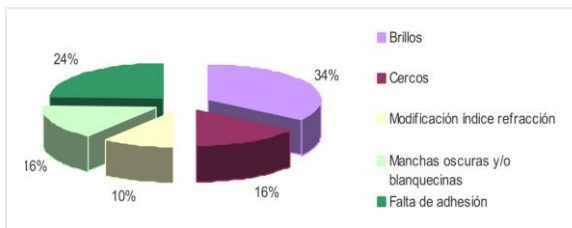


Fig. 270. % alteraciones producidas en las intervenciones de estabilización según encuesta.

Dichas complicaciones (Fig. 270), atañen fundamentalmente a los cambios de aspecto (amarilleo, oscurecimiento, incremento del brillo, formación de cercos, aumento de la transparencia, desplazamiento de partículas, modificación de texturas, etc.), a la obtención de una cohesión débil y adhesión defectuosa, así como a la alteración del concepto de la obra.

Los cambios de apariencia se hacen patentes de forma rápida e irreversible¹⁰⁰⁴, y pueden deberse a una reacción del solvente con ciertos componentes solubles presentes en la capa de superficie (suciedad, hongos, bacterias, etc.), a reacciones e interacciones químicas, al rellenado con consolidante de los poros en capas de elevado PVC, a su localización y curado en superficie, o como señalamos, al desplazamiento y redistribución física de partículas de pigmento.¹⁰⁰⁵

De acuerdo con las investigaciones de Stefan Michalski, una pintura pulverulenta posee aproximadamente un 0-1% BVC (*Binder Volume Concentration*) o Concentración de volumen de aglutinante y un 10-30% de huecos llenos de aire entre las partículas de pigmento. La saturación y oscurecimiento del estrato se producirá si el consolidante supera y rellena los espacios vacíos disponibles¹⁰⁰⁶. Pues, en definitiva el oscurecimiento se da

¹⁰⁰³ HANSEN, E., LOWINGER, R. *Op. cit.*, pp. 13-16.

¹⁰⁰⁴ LORNE, A. *Op. cit.*, pp. 33-49.

¹⁰⁰⁵ HOUGH, M. *Op. cit.*, pp. 3-4. KLEIN, E., *Op. cit.*, pp. 5-6. FELLER, R., KUNZ, N. *Op. cit.*, p. 70. HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. *Op. Cit.*, p. 2.

¹⁰⁰⁶ Con un incremento de 2-3% de BVC puede mejorarse la dureza del estrato sin que se produzcan cambios en el brillo. Con un incremento del 5-10% la

cuando la pintura alcanza un nivel por debajo del CPVC, a pesar del índice de refracción del consolidante¹⁰⁰⁷.

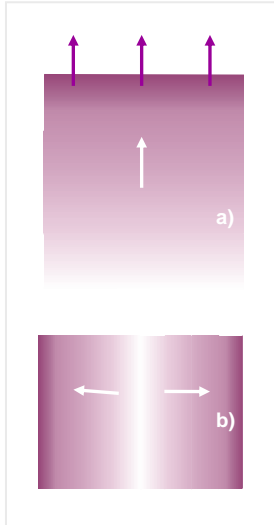


Fig. 271. Esquemas: a) acumulación superficial polímero y b) formación de cercos. Hansen *et Al.*

Como decimos, el polímero puede formar un film superficial endurecido sobre el material sin cohesión, a causa de una rápida evaporación y/o alta viscosidad, que reducirá la reflexión difusa y podrá provocar la posterior descamación de la zona tratada. El oscurecimiento y la formación de aureolas y cercos puede explicarse debido a fenómenos de migración del consolidante hacia distintas posiciones de la capa tratada (Fig. 271). Por tanto, debemos asegurarnos que el consolidante sea aplicado homogéneamente.

Al respecto, cabe destacar los descubrimientos y modelos teóricos realizados por Michalski, ya referenciados¹⁰⁰⁸. Además, a lo largo del desarrollo de la presente tesis, hemos comprobado que ciertos productos como la CMC y el funori pueden llegar a formar cercos blanquecinos sobre la superficie si son aplicados en exceso.

Otro problema destacable es el del incremento de la transparencia producido por la saturación de un material (50%-100%), como ocurre con el caolín, la creta o la tiza. Efecto más evidente al hallarse sobre un estrato negro, el cual puede también producirse de forma más o menos moderada con otros pigmentos de color (ultramar sobre blanco) en los que la superficie pierde el aspecto de polvo para pasar a una superficie en apariencia mojada. Una solución a este problema lo constituye el uso del nebulizador por ultrasonidos¹⁰⁰⁹.

resistencia al estrés, siendo el 10-20% el máximo teórico aplicable antes de que la pintura comience a oscurecer. MICHALSKI, S. *Op. cit.*, pp. 32-34.

¹⁰⁰⁷ FELLER, R., KUNZ, N. *Op. cit.*, p. 70.

¹⁰⁰⁸ Más información en MICHALSKI, *Op. cit.*, pp. 33-34.

¹⁰⁰⁹ Destacar el modelo y las ecuaciones desarrolladas Michalski para el cálculo del cambio de aspecto de un material pulverulento con relación a la acción del

Además de los cambios de aspecto (manchas, cercos, aureolas, incremento del brillo, transparencia, saturación, oscurecimiento, modificación de texturas, desplazamiento y pérdida de partículas, etc.) y la alteración del concepto de la obra, cabe enumerar otros muchos problemas relacionados con este tipo de intervenciones. Como por ejemplo, los arranques producidos por la contracción y/o fuerte adhesión del producto empleado en el empapelado, la aparición de levantamientos a causa de una excesiva presión capilar, los cambios de comportamiento mecánico, la plastificación de estratos consolidados y adyacentes, las complicaciones en el tratamiento de obras previamente intervenidas, así como la obtención de una cohesión débil y adhesión insuficiente¹⁰¹⁰.

7.6. CRITERIOS DE INTERVENCIÓN:



Fig. 272. Conversando con Carmen Calvo en su taller en Valencia.

Antes de finalizar este capítulo, es necesario exponer algunas reflexiones y cuestiones puntuales referidas a los criterios de intervención que a nuestro entender atañen a las intervenciones de adhesión y consolidación de capas pictóricas contemporáneas (Fig. 272).

Básicamente dichas cuestiones giran en torno a dos de los grandes pilares asumidos por la comunidad de conservadores restauradores, la mínima intervención y la reversibilidad¹⁰¹¹. A la que hay que añadir la compatibilidad mecánica, física y química de los materiales. Todo ello en el contexto de la intervención de obras cuya propiedad intelectual corresponde a los autores o a los herederos legales de los mismos.

consolidante aplicado a carbonato de calcio y azul ultramar. *Ibid.*, p. 38. PATAKI, A. "Consolidation of white chalk with aerosols". *Op. Cit.* HOUGH, M. *Op. cit.*, pp. 3-4.

¹⁰¹⁰ *Ibidem.*, p. 26. CAGNA, M., RIGGIARDI, D. *Op. cit.*, p. 103. ROSSI DORIA, M. *Op. cit.*, p. 17.

¹⁰¹¹ BRANDI, C. *Teoría de la restauración*. Madrid: Alianza Forma, 1995. MUÑOZ VIÑAS, S. *Teoría contemporánea de la restauración*. Madrid: Editorial Síntesis, 2003.

Respecto a la **mínima intervención**. ¿Cuánto de mínima debe ser la intervención que vayamos a realizar?, ¿dónde está el mínimo y el máximo de un tratamiento?, ¿realizamos una mínima adhesión y/o consolidación de un estrato aún a sabiendas de que volverá a desprenderse?, ¿o mejor realizamos una intervención más intensa para asegurarnos su durabilidad?

¿Impregnamos solo el área que visualmente percibimos como dañada o vamos más allá como solemos realizar en la protección y sentado del color de las obras tradicionales?, ¿introducimos la menor cantidad posible de polímero?, ¿prohibimos la exhibición, manipulación y traslado de las obras para evitar la aparición de alteraciones?

Como vemos, establecer en la práctica lo que es o no una intervención mínima es una tarea harto compleja, si bien, nos movemos en el plano de las intervenciones cuya ejecución resulta esencial para la conservación de la obra ante el riesgo de pérdida de material.

La mínima intervención puede tener sentido, siguiendo las reflexiones de Michalski, si la comunidad de usuarios puede aceptar unos objetivos mínimos, entre los que exista la prohibición de trasladar las obras, velando por su exhibición en condiciones controladas. En su defecto, debemos aceptar los riesgos de las mismas¹⁰¹².

Por otra parte, los derechos de propiedad intelectual¹⁰¹³ y la recomendación de consultar a los artistas y solicitar la autorización previa a la realización del tratamiento, pueden darle la vuelta a este criterio de mínima intervención. Recordemos el caso de la obra de Enric Solbes *El màgic tanca un cercle*, en la que el propio artista recomendó la retirada de la totalidad de partículas desprendidas aconsejando su posterior reintegración, o el de aquellos artistas

¹⁰¹² MICHALSKI, E. *Op. cit.*, p. 40.

¹⁰¹³ Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de Abril. Texto refundido Ley Propiedad Intelectual. Cfr. ORTEGA DOMÉNECH, J. "Aspectos Técnico-jurídicos en la conservación y restauración del arte contemporáneo". [En línea]. *Revista General de Legislación y Jurisprudencia*. Nº 10, Diciembre. Barcelona: Ed. Reus, 2000. <<http://premium.vlex.com>>. [Consulta : 03/02/05]. RIERA BARSALLO, P. "Los derechos de autor y sus límites: un equilibrio necesario". *PH. Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*. Nº 33, diciembre. Sevilla: IAPH, 2000, p. 200. PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C. "Legislación española e intervención de obras contemporáneas". *Actas 16th International Meeting on Heritage Conservation*. Valencia: Editorial UPV, 2006, pp. 947-958.

que han desarrollado sus propios sistemas de estabilización y prefieren acometerlos personalmente.

En segundo lugar, el concepto de **reversibilidad** ha sido y es uno de los criterios imprescindibles y exigibles a toda intervención de conservación restauración¹⁰¹⁴, si bien la eliminación de los materiales introducidos parece mucho más viable según el tipo de tratamiento realizado.

Por lo que atañe a las intervenciones de estabilización, eliminar un adhesivo bajo una escama de pintura o un consolidante impregnado en una estructura porosa es algo realmente complejo o imposible. Y lo es, sin dañar las capas intervenidas y sin ir en contra de los mismos principios exigidos al tratamiento: durabilidad.

¿Cómo vamos a eliminar un polímero que ha penetrado profundamente un estrato poroso sin dañarlo?, ¿cómo podría extraerse un adhesivo introducido entre la pintura y el estrato subyacente: arrancándolo y limpiando debajo?

La reversibilidad física no es viable, como tampoco lo es a escala química si han llegado a formarse enlaces entre los materiales constitutivos y el polímero introducido.

Puede decirse que devolver la obra al estado inicial previo a un tratamiento de estabilización es sin duda un ideal, ya que en todo caso tan solo podríamos hablar de una eliminación parcial. Además, exigir que una consolidación o fijación sean reversibles es un tanto incongruente¹⁰¹⁵. Por tanto, más que hablar de reversibilidad, debemos hablar de "retratabilidad" y apostar por garantizar la realización de tratamientos futuros seleccionando los sistemas y sustancias más estables y efectivos¹⁰¹⁶.

¹⁰¹⁴ MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, pp. 275, 289.

¹⁰¹⁵ HANSEN, E., LOWINGER, R. *Op. cit.*

¹⁰¹⁶ LORNE, A. *Op. cit.*, pp. 33-49. BERGER, G. *Op. cit.*, p. 23. MARTÍNEZ JUSTICIA, M^a.J., SÁNCHEZ-MESA MARTÍNEZ, L. *La restauración de los bienes culturales en los textos normativos*. Granada: Ed. Comares, 2009. Ver: Art. 8. Carta del Restauo 1972. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 72-75. VV.AA. "La reversibilità nel restauro. Riflessioni, esperienze, percorsi di ricerca". *Atti del XIX Convegno di Studi di Bressanone "Scienza e Beni Culturali"* Venecia: Arcadia Ricerche, 2003. VV.AA. "Dalla reversibilità alla compatibilità". *Atti del XIX Convegno di Studi di Bressanone Scienza e Beni Culturali*. Venecia: Arcadia Ricerche, 2003. HORIE, C.V. "Reversibility of Polymer Treatments". *Proceedings of the Symposium Resins in Conservation*. Edimburgo: University of Edinburgh, SSCR Publications, 1983.

7.7. SEGURIDAD E HIGIENE EN LAS INTERVENCIONES:

Puede decirse que las intervenciones de adhesión y consolidación no entrañan un elevado riesgo para la salud del conservador restaurador, si bien, como en otro tipo de tratamientos, cabe tener en cuenta algunas consideraciones básicas (Fig. 273-274).

De este modo, es conveniente realizar las intervenciones con ropa de trabajo y equipos de protección individual adecuados: bata, guantes, mascarillas, gafas de protección. Siempre que trabajemos con nebulizadores por ultrasonidos, cabrá utilizar mascarillas, ya que aún empleando soluciones acuosas, la inhalación de las pequeñas partículas nebulizadas formadas por la mezcla adhesivo-solvente pueden acarrear serios problemas de salud debido al pequeño tamaño de sus partículas (\varnothing ~1-10 μm). Así mismo, en el caso de emplear atmósferas saturadas de disolventes es conveniente utilizar mascarillas con los filtros adecuados y sistemas de extracción de gases.

No hay que olvidar por tanto, que la preparación de los consolidantes y adhesivos debe realizarse bajo campanas de extracción, manipulando los disolventes y polímeros en polvo y/o disolución con mascarillas y guantes. Además, el técnico deberá disponer y conocer el contenido de las fichas de seguridad de cada uno de ellos, así como de los disolventes empleados¹⁰¹⁷.



Fig. 273 y 274.
Nebulización y uso de mascarilla.
Etiquetado de adhesivos.

¹⁰¹⁷ CLYDESDALE, A. *Chemicals in Conservation. A guide to possible hazards and safe use*. Edimburg: Conservation Bureau, Scottish Development Agency, 1982. Ver: Fichas seguridad. [En línea]. © INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). <www.insht.es>.

7.8. CONSERVACIÓN PREVENTIVA:

Para concluir, recalcar la importancia de la conservación preventiva en la conservación de nuestras colecciones. Pues su aplicación, sin duda lograría reducir la necesidad de realizar algunas intervenciones de adhesión y consolidación, las cuales, como vimos en el capítulo 4, respondían en su gran mayoría a problemas relacionados con cambios termohigrométricos y accidentes producidos durante su exhibición, manipulación y transporte, en conjunción con los materiales constitutivos de las obras. Según lo anterior, debemos recomendar su exposición y almacenaje en ambientes estables con condiciones acordes a dichos materiales, evitar golpes y vibraciones durante su manipulación, así como limitar el transporte de obras delicadas¹⁰¹⁸.

La protección del anverso mediante campanas de metacrilato puede evitar la acumulación y pérdida de partículas en obras con superficies mates pulverulentas. En caso de no disponer de esta protección, deberá tenerse cuidado al limpiar con paños y plumeros que pueden engancharse sobre las texturas arrancando porciones de pintura y diseminando partículas¹⁰¹⁹.



Fig. 275. Detalle trasera realizada con cartón pluma pH neutro y ventana de ventilación.

Para la protección del reverso, se aconseja la colocación de traseras de cartón pluma pH neutro (Fig. 275). Sistema que amortiguará las oscilaciones termohigrométricas del soporte (en opinión de Mecklenburg si el ambiente del reverso de la pintura es <75% habrá una reducción del daño), así como las vibraciones producidas durante su transporte

Conjuntamente, impedirá la acumulación de polvo y otras partículas, evitando los daños que puedan ocasionarse por golpes producidos por el reverso¹⁰²⁰.

¹⁰¹⁸ LORNE, A. *Op. cit.*, pp. 33-49. BORGHESE, P., FERRIANI, B. *Op. Cit.*

¹⁰¹⁹ LINDNER, S., VITORIA, A., ALBA, L. *Anselm Kiefer at the Guggenheim Museum Bilbao: Towards a New Methodology for the Preventive Conservation of Contemporary Artworks*. [En línea]. Bilbao: FMGB Guggenheim Bilbao, 2007. <www.guggenheim-bilbao.es>. [Consulta: 01/01/08].

¹⁰²⁰ Aislamiento de los reversos de la humedad de los muros. Es positivo dejar espacio para que circule el aire. MECKLENBURG, M. *Op. cit.*, p. 127.



8. SELECCIÓN, ESTUDIO Y TESTADO DE POLÍMEROS

8. SELECCIÓN, ESTUDIO Y TESTADO DE POLÍMEROS

La fase experimental se inicia con el análisis global y comparativo del comportamiento físico y químico, frente a dos tipos de envejecimiento acelerado en condiciones de interior (tipo A: termohigrométrico y tipo B: termohigrométrico y fotooxidativo), de 16 polímeros naturales y sintéticos empleados en el ámbito nacional e internacional en intervenciones de estabilización de pintura contemporánea. Esta primera sección (8.1), que ocupa la mayor parte de dicha fase, se ha planteado desde la perspectiva práctica del conservador restaurador y de la necesidad de obtener una experiencia propia, con motivo de aportar unas pautas que faciliten su selección en función de los materiales y patologías de las obras, así como de las condiciones ambientales que las rodean¹⁰²¹.

A continuación se estudió la eficiencia de seis de estos materiales como adhesivos y consolidantes de pintura vinílica (un tipo de aglutinante muy empleado en pintura contemporánea), en base a criterios de estabilidad y compatibilidad. Para ello, se ha simulado la aparición de pulverulencia en estratos con alto PVC realizados con un medio vinílico industrial y pigmentos blanco de titanio y azul ultramar, y la falta de adhesión en una pintura vinílica de tipo comercial blanco de titanio con bajo PVC, sobre soporte textil.

8.1. OBJETIVOS Y PRINCIPIOS GENERALES:

8.1.1. Selección de adhesivos y consolidantes. Formación de películas:

Uno de los primeros pasos de esta fase experimental ha consistido en la selección de diversos polímeros naturales y sintéticos empleados en intervenciones de estabilización de pintura actual, a fin de realizar un estudio de su comportamiento óptico, mecánico y químico. Tras dicha selección, se inició la fase de testado una vez formadas y divididas las películas secas de estos.

¹⁰²¹ Algunos se vienen utilizando desde los 60, otros han sido introducidos recientemente, pero todos pueden hallarse en nuestros centros y/o referenciados en las fuentes documentales.

8.1.2. Envejecimiento acelerado por exposición a Humedad Relativa, Temperatura e irradiación UVA:

A largo plazo, la eficacia de los tratamientos de estabilización (adhesión y consolidación) se verá afectada por la acción directa de factores tales como la luz, la humedad relativa, la temperatura y los agentes ambientales¹⁰²². Dichos factores, tal y como vimos en el Capítulo 4, aceleran las reacciones de deterioro de la obra y de los materiales introducidos en su restauración¹⁰²³.

Partiendo de la premisa de que frente a los materiales tradicionales, la mayoría de los productos industriales están diseñados para tener una corta durabilidad y que los espacios de almacenaje y exposición de obras, no siempre cuentan con ambientes controlados, se hace indispensable evaluar el comportamiento de estos polímeros, buscando los más estables según dichas condiciones. Máxime cuando se trata de intervenciones cuya reversibilidad es técnicamente limitada. De ahí que los objetivos de este trabajo sean estudiar el comportamiento óptico y mecánico de los polímeros seleccionados frente al envejecimiento acelerado por exposición a oscilaciones de temperatura, humedad relativa y radiación UV-A¹⁰²⁴.

Para ello se realizaron estudios colorimétricos, espectrofotométricos, ensayos mecánicos, así como el estudio de la variación del brillo y la acidez en cada uno de los productos antes y después de los procesos de envejecimiento.

Con los métodos de envejecimiento artificial es posible simular en cortos períodos de tiempo los distintos procesos de alteración evaluando por anticipado sus efectos. El principio básico de este tipo de envejecimiento radica en el uso de variaciones de valores límite de parámetros tales como la

¹⁰²² BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Le resine sintetiche usate nel trattamento di opere policrome*. Saonara: Il Prato, 2005. HORIE, C.V. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*. London: Butterworth, Heinemann, 1987, p. 39. VV.AA. *Science for Conservators. Adhesives and Coatings*. Vol. 3. New York: Museums & Galleries Commission and Routledge, 2005, p. 93. DOWN, J. "Adhesive Testing at the Canadian Conservation Institute, Past and Future". *Adhesives and Consolidants*. Preprints Paris Congress. London: IIC, 1984.

¹⁰²³ GONZÁLEZ, E., LEAL, J. "Comportamiento de consolidantes de metales sometidos a envejecimiento acelerado". *Boletín IPHE*. Madrid: IPHE, 2008, p. 223.

¹⁰²⁴ Las condiciones de envejecimiento seleccionadas buscarán representar condiciones ambientales sin control climático observadas en la práctica bajo iluminación y en la oscuridad.

temperatura, humedad relativa, atmósferas salinas, contaminantes atmosféricos, radiaciones UV, etc., provocadas en el interior de las cámaras que contienen el material a estudiar y que afectan a la estabilidad de los productos testados¹⁰²⁵.

Dicho sistema permite recrear varios factores tanto de forma aislada como combinada, si bien la actuación de cada uno de ellos no es totalmente independiente de los demás y en la mayoría de casos el proceso está interrelacionado¹⁰²⁶. Tras los ensayos, el seguimiento de las probetas puede realizarse fácilmente observando su comportamiento y analizando los materiales¹⁰²⁷.

Hay que señalar que esta metodología tiene unos límites, ya que sólo se considera una parte de las causas de degradación, por lo que la valoración de los resultados debe ser crítica. Además de los problemas de correlación del envejecimiento acelerado con el envejecimiento natural, la equivalencia de horas de exposición respecto a los años totales de envejecimiento no es fácil de establecer. No obstante, la comunidad científica emplea ciertas reglas de equivalencia¹⁰²⁸.

Respecto a los tipos de análisis realizables cabe destacar, el estudio del comportamiento en el tiempo de un material de restauración o de un procedimiento de intervención respecto a las variaciones inducidas por parámetros ambientales, y su comparación con el envejecimiento producido de forma natural¹⁰²⁹.

Según Borgioli, para muchos materiales sintéticos las condiciones cotidianas relativamente moderadas a largo plazo son más destructivas que las severas en término breve. Como los adhesivos sintéticos no han sido formulados para su aplicación en el campo de la conservación restauración, su aplicación será

¹⁰²⁵ MATTEINI, M., MOLES, A. *Ciencia y restauración. Método de investigación*. Guipúzcoa: Nerea, 2001. GÓMEZ GONZÁLEZ, M^a L. *La Restauración. Examen científico aplicada a la conservación de obras de arte*. Madrid: Cátedra, 2000, p. 268.

¹⁰²⁶ GONZÁLEZ, E., LEAL, J. *Op. cit.*, pp. 223-231.

¹⁰²⁷ GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 268.

¹⁰²⁸ Para Cremonesi y Borgioli, 63°C, 3 días de luz, 3 de oscuridad y 3 de luz equivalen a más de 25 años en condiciones museables. BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 64-65. AENOR. *Pinturas y Barnices. Envejecimiento artificial y exposición a radiación artificial*. UNE-EN ISO 11341. *Op. cit.*, p. 7.

¹⁰²⁹ Los mecanismos de degradación son distintos a bajas o altas temperaturas, así como en la oscuridad o expuestos a la luz. *Ibidem*.

un tanto experimental, no pudiendo predecir con exactitud su envejecimiento debido a la complejidad de su formulación:

“...il comportamento di un polimero con il passare del tempo non è prevedibile in base a considerazioni teoriche, per nessun tipo di polimero”¹⁰³⁰.

Como decimos, muchos de los polímeros que empleamos son materiales fabricados para usos distintos a los de la restauración. De ahí, que las duraciones y resistencias tendrán mayores niveles de exigencia que para la industria. Para nosotros, que un polímero amarillee, que tenga una pérdida de cohesión o *cross-linking* puede ser una cuestión grave¹⁰³¹. Por otra parte, no podemos olvidar que incluso en espacios con condiciones controladas, pueden darse situaciones imprevistas, que refuerzan la necesidad de realizar y emplear este tipo de pruebas y sistemas aún a sabiendas de su no total correspondencia con el envejecimiento natural.

8.1.3. Espectrofotometría UV-VIS y colorimetría:

Debido a las características de las intervenciones de estabilización, descritas en los capítulos anteriores, los adhesivos y consolidantes introducidos difícilmente podrán ser extraídos completamente tras una intervención. Puesto que un cambio de color en la superficie tratada llevaría a una alteración del concepto de la obra, debemos asegurarnos que su selección cumpla ciertos requisitos de estabilidad, compatibilidad y buen envejecimiento.

En este sentido, la espectroscopía UV-VIS y colorimetría nos aportarán información objetiva sobre los cambios colorimétricos y de reflectividad de los productos testados antes y después de su envejecimiento. Así, los objetivos consistieron en determinar los cambios ópticos de los adhesivos y consolidantes sometidos a envejecimiento acelerado en comparación con las muestras patrón, a través del índice de amarilleo (YI) y diferencia de color (ΔE), a fin de clasificar los distintos productos según su comportamiento.

¹⁰³⁰ *Ibid.*, pp. 25-44.

¹⁰³¹ La degradación de la estructura polimérica se debe fundamentalmente a tres fenómenos. Despolimeración: fragmentación de la cadena en piezas más pequeñas. Reticulación o *cross-linking*: las cadenas adyacentes se unen con la formación de nuevos enlaces. Formación de grupos funcionales: normalmente con aumento de la polaridad y aparición del amarilleo. *Ibid.*, pp. 27-43.

8.1.3.1. Espectrofotometría UV-VIS:

La espectrometría ultravioleta-visible o espectrofotometría UV-Vis es una técnica espectroscópica de absorción que implica la espectroscopia de fotones en la región de radiación ultravioleta-visible (visible y adyacentes: UV e IR cercanos), (Fig. 276) La espectrofotometría mide la cantidad de energía que absorbe un sistema químico en función de la longitud de onda de la radiación¹⁰³².

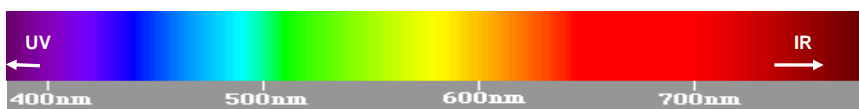


Fig. 276. Luz. Espectro visible. Horst Frank.

Si una radiación monocromática atraviesa una disolución, se produce una relación entre la radiación incidente y la emergente denominada transmitancia (T), (EC: 16). Así, el logaritmo de la inversa de la transmitancia es equivalente a la absorbancia (A), (EC: 17-18)¹⁰³³:

EC: 16 $T = I/I_0$ o $\%T = I/I_0 \cdot 100$

Donde:
 I: radiación incidente.
 I₀: radiación emergente

$$A = \log 1/T = \log I_0/I$$

EC: 17-18 $A = abc$

Donde: A es cte., a: cte. proporcionalidad o absorptividad, b: long. del material y c: concentración.

$$A = \log I_0/I = \epsilon bc$$

Donde: ϵ : cte. absorptividad molar o coeficiente de extinción.

¹⁰³² La espectrofotometría mide la cantidad de energía que absorbe un sistema químico en función de la longitud de onda de la radiación. Cfr. BRUNATTI, C., MARTÍN, A. "Introducción a la Espectroscopia de Absorción Molecular Ultravioleta, Visible e Infrarrojo Cercano". [En línea]. ©Copyright 2009 Facultad Ingeniería. Universidad Buenos Aires, Argentina. <www.fi.uba.ar>. [Consulta: 24/05/10], p. 1.

HESSE, M., MEIER, H., ZEEH, B. *Métodos espectroscópicos en Química Orgánica*. Madrid: Síntesis, 1997, p. 7. LLUSAR, M., MONRÓS, G., TENA, M.A., ESTEVE, V., BADENES, J.A. *La síntesi de pigments ceràmics com a pràctica integral en el laboratori de Química Inorgànica de l'estat sòlid*. Laboratori Avançat en Química IV. Química Inorgànica. Castellón: UJI, 2009, p. 111. *Ibid.*, pp. 1-10. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, pp. 169-170. ESPECTROMETRIA.COM. Búsqueda: espectroscopia UV-VIS. [En línea]. ©Espectrometria.com 2010. <www.espectrometria.com>. [Consulta: 21/05/10]. HESSE, M., MEIER, H.Y., ZEEH, B., *Op. cit.*, p. 7.

¹⁰³³ Empleada para identificar sustancias transparentes sólidas (cristales). *Ibid.*, pp. 111-116.

Beer y Lambert establecieron las leyes de la absorbimetría, en las que la absorbancia de una sustancia es una función directamente proporcional de su grueso y de su concentración, empleándose en la determinación de esta última¹⁰³⁴. Mediante la obtención de los espectros de absorción (representación de la absorbancia ante una longitud de onda λ) puede explicarse el fenómeno del color en los sólidos. Esto permite establecer correlaciones entre el color y los distintos espectros relacionados con el enlace químico y la estructura cristalina y electrónica del sólido¹⁰³⁵.

Tabla. 45. Color y λ .

color	λ (nm)
Violeta	~ 380-450
Azul	~ 450-495
Verde	~ 495-570
Amarillo	~ 570-590
Naranja	~ 590-620
Rojo	~ 620-750

Si este tiene un color determinado a causa de una propiedad química o propia del compuesto, y no debido a factores físicos, es porque tiene la capacidad de absorber una parte de la radiación visible. A cada color monocromático le corresponde una longitud de onda λ asociada, de forma que observamos el color complementario de la luz absorbida (Tabla 45)¹⁰³⁶.

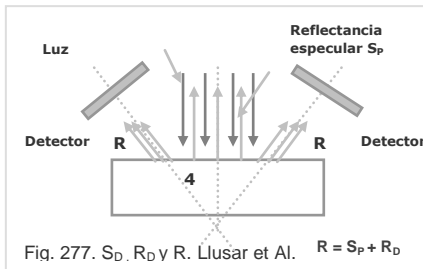
En las sustancias sólidas la medida de la absorción de la radiación UV-VIS (190-900 nm) se realiza mediante el método de la Reflectancia difusa. Esta se mide a partir de la luz reflejada por la muestra, de forma que la reflectancia puede ser especular S_p (en la misma dirección

¹⁰³⁴ El haz de luz debe ser fijo, monocromático y perpendicular a la muestra. La concentración puede obtenerse a partir de referencias (Tablas: coeficientes de extinción molar) o curvas de calibración. Esta ley es útil para la caracterización de muchos compuestos, pero no para determinar la concentración y absorción de todas las sustancias: tintes orgánicos (Xylenol Naranja). ESPECTROMETRIA.COM. *Op. cit.*

¹⁰³⁵ Los espectros electrónicos se caracterizan por el número de bandas de absorción correspondientes con el número de transiciones electrónicas producidas (transiciones d-d: entre orbitales moleculares de iones metálicos; de transferencia electrónica entre orbitales moleculares de los aniones coordinados y orbitales moleculares del ión metálico; entre orbitales moleculares de los aniones coordinados; la energía de cada banda), su posición en el eje de abscisas del espectro, su forma y anchura y la intensidad de la absorción. La explicación del origen del color en los sólidos se explica mediante cuatro teorías físicas: Campo Cristalino, Orbital Molecular, de Bandas y de fenómenos físicos. *Ibidem*. LLUSAR, M., MONRÓS, G., TENA, M.A., ESTEVE, V., BADENES, J.A. *Op. cit.*, p. 111.

¹⁰³⁶ Si absorbe luz roja $\lambda \approx 650-700$ nm, veremos el cian. Así, puede decirse que existe una relación directa entre la estructura electrónica del sólido y su espectro de absorción y el color observado. En el caso de sólidos luminiscentes o fosforescentes, señalar que debe existir una absorción previa dado que responden a fenómenos de excitación electrónica provocados por la emisión de luz en la zona visible correspondiendo la longitud de onda emitida con el color observado. *Ibidem*.

que la radiación luminosa incidente sobre la muestra) o difusa R_D (de menor intensidad y a distintos ángulos que la radiación incidente sin dirección privilegiada, designando el reflejo de la luz para las superficies mates), como se indica en la Fig. 277



En esta última, el haz de luz incidente es desviado tras pasar por los filtros correspondientes incidiendo en una esfera patrón de MgO. Tras realizar la medición, obtenemos un espectro de la absorbancia de luz de la muestra frente a una determinada longitud de onda.

Esta es inversamente proporcional a la Reflectancia total (R): $R = S_p + R_D$. A partir de dicha curva, podemos obtener la reflectancia y transmitancia, como también parámetros colorimétricos, como los CIE $L^*a^*b^*$ (1976). Aunque podemos encontrar espectrofotómetros de un haz, son más frecuentes y avanzados los de dos (la luz se separa en un haz de referencia y otro que atraviesa la muestra)¹⁰³⁷.

8.1.3.2. Colorimetría:

Desde hace décadas, la colorimetría constituye una herramienta esencial en el control del deterioro de las obras y en la evaluación de los tratamientos aplicados, como son las intervenciones de consolidación de estratos pictóricos pulverulentos¹⁰³⁸. Así, se obtienen datos objetivos frente a la subjetividad de los estudios realizados visualmente.

¹⁰³⁷ El punto máximo de absorbancia se denomina λ_{max} o "lambda-max". Las λ de los picos de absorción pueden relacionarse con los enlaces moleculares, pudiendo servir para determinar grupos funcionales. No obstante, no es una prueba específica para ningún compuesto, dado que factores como el disolvente, el pH, la temperatura, la concentración de electrolitos y la presencia de otras sustancias pueden afectar a la medición. Básicamente un espectrofotómetro se compone de una fuente de luz: bombilla incandescente (longitudes de onda visibles), o una lámpara de arco de deuterio (UV), un soporte para la muestra, una rejilla de difracción o monocromador (separa las diferentes longitudes de onda de la luz), y un detector (fotodiodo o CCD). *Ibidem*. ESPECTROMETRIA.COM. *Op. cit.* [Consulta: 21/05/10].

¹⁰³⁸ Parte de la óptica que se ocupa del estudio de la medida del color de forma precisa y objetiva. Existen distintos sistemas gráficos para representar los colores

Midiendo las tres magnitudes que corresponden a las respuestas de los tres receptores sensibles del ojo (rojo, verde y azul), puede medirse el color y demostrarse su obtención mediante la mezcla cromática de estos colores primarios, generándose el mismo efecto visual (ver Fig. 278 y 279)¹⁰³⁹.

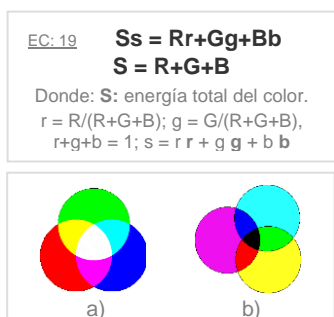


Fig. 278 y 279. Síntesis aditiva a) y sustractiva colores primarios b). Llusar *et Al.*

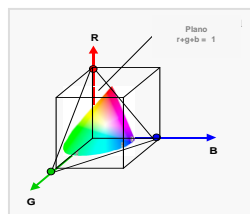


Fig. 280. Espacio y diagrama cromático RGB. Climent *et Al.*

Según la Ley de Grassman (EC: 19), el color de un objeto está definido como aquella cualidad que permite aplicar entre los objetos la relación de equivalencia, es decir, que tienen el mismo aspecto.

La trivarianza visual es un principio desarrollado por Grassman, en el que la tonalidad monocromática roja, verde o azul puede representarse por un vector unitario que relaciona intensidad del color y el módulo de este vector.

De este modo, todo color puede expresarse como una combinación lineal de dichos aspectos cromáticos unitarios, en los que r (*red*), g (*green*) y b (*blue*) son los vectores cromáticos unitarios primarios, y R , G y B , las intensidades o valores triestímulo¹⁰⁴⁰. Considerando el enlace entre las cromaticidades unitarias $r+g+b = 1$, el espacio cromático es en realidad bidimensional, de modo que cualquier color está representado por un vector en el espacio cromático le corresponde uno o varios punto/s sobre el plano unitario. De entre

los muchos colores primarios RGB, la *Comission International de l'Eclairage* CIE definió los primarios escogiendo las radiaciones $\lambda_R=700$ nm, $\lambda_G=546,1$

sobre un plano: Diagrama cromático RGB, XYZ, CIE L*a*b* (1976), etc. BROCK, GROTEKLAES, MISCHKE. *European Coatings Handbook*. Hannover: Vincentz Verlag, 2000, pp. 370-373.

¹⁰³⁹ LLUSAR, M., MONRÓS, G., TENA, M.A., ESTEVE, V., BADENES, J.A. *Op. cit.*, p. 118.

¹⁰⁴⁰ MONRÓS, G., BADENES, A., GARCÍA, A., TENA, M^a A. "Colorimetría". *El color de la cerámica: nuevos mecanismos en pigmentos para los nuevos procesados de la industria cerámica*. Castellón: Publicaciones de la UJI, 2003, pp. 43-45.

nm y $\lambda_R = 435,8$ nm que corresponden a radiaciones emitidas por lámparas espectrales de fácil reproducibilidad (Fig. 280)¹⁰⁴¹.

Así, se determinan los componentes RGB de estos colores para un observador normal, a fin de igualar cualquier color espectral monocromático entre 400 y 700 nm. No obstante, este sistema presenta el inconveniente de no poder obtener los colores espectrales puros a través de una simple adición de los tres primarios, por lo que necesita utilizar coeficientes negativos que quedarían fuera de este triángulo.

Para solucionar este problema se escogió otra base de colores primarios situada dentro del triángulo cromático (coordenadas cromáticas con valores positivos). Se trata de los X, Y, Z, los cuales no son reales pero se identifican en el diagrama cromático por sus coordenadas RGB.

Tabla. 46. Coordenadas cromáticas colores primarios XYZ.

	r	g
X	1,2750	-0,2778
Y	-1,7392	2,7671
Z	-0,7431	-0,1409

El paso del sistema RGB al XYZ se realiza mediante un cambio de sistema base en el mismo espacio tridimensional. En este nuevo sistema cromático, los valores triestímulo XYZ dan lugar a unas nuevas coordenadas cromáticas x, y, z, cumpliéndose la ecuación de ligadura del espacio bidimensional: $x + y + z = 1$ (Tabla. 46).

En 1942 Mc Adam demostró que este diagrama cromático no era un espacio uniforme. Era preciso utilizar representaciones uniformes capaces de adaptarse mejor a la percepción visual del color humana, a fin de poder establecer comparaciones entre colores. En 1976, la CIE establece el sistema colorimétrico CIE L*a*b* (Fig. 281)¹⁰⁴².

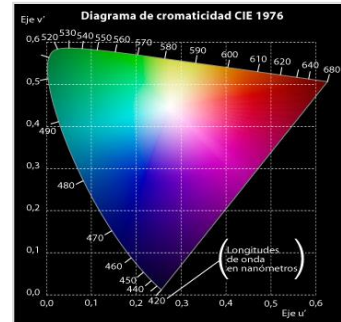


Fig. 281. Diagrama CIE 1976 (efg's Computer Lab).

¹⁰⁴¹ CLIMENT, V., CARPINELL, P. "Introducción a la colorimetría". *Nuevos Productos y Tecnologías de Esmaltes y Pigmentos Cerámicos*. Castellón: Faenza Editrice, 1992, pp. 144-150. LLUSAR, M., et Al. *Op. cit.*, p. 118.

¹⁰⁴² En la selección, el estímulo equienergético (blanco ideal) está en el centro del triángulo. Las proporciones energéticas de los colores primarios cumplen la relación R:G:B = 72,1:1,4:1. *Ibid.* pp. 150-152. *Ibidem*. MONRÓS, G., BADENES, A., GARCÍA, A., TENA, M^a A. *Op. cit.*, pp. 46-52.

Se trata del sistema colorimétrico más empleado por la industria, así como en el ámbito de la conservación restauración¹⁰⁴³. Una modificación del espacio ANLAB de Nickerson y aplica la utilización de diferentes transformaciones no lineales de los valores triestímulo XYZ CIE 1931¹⁰⁴⁴. A fin de comparar dos colores, era necesario utilizar espacios uniformes de color. Entre ellos destaca el sistema Munsell, que emplea una combinación de tres parámetros básicos para definir un color¹⁰⁴⁵.

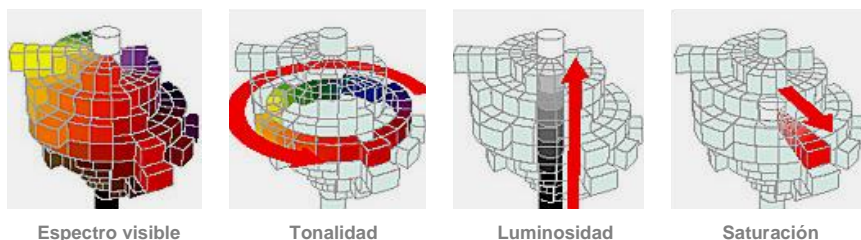


Fig. 282. Evaluación de la luminosidad, tonalidad e intensidad o croma. *Llusar et Al.*

En este espacio de color, los tres parámetros básicos de caracterización de un color, son: la luminosidad (eje vertical: claro-oscuro), la tonalidad (círculo horizontal) y la saturación o pureza del color (*chroma*: distancia desde el centro hacia el exterior), (Fig. 282). Posteriormente, el *Bureau Central* de la CIE elaboró un observador estándar mediante la medida de las intensidades de tres fuentes de primarios (azul, verde y rojo), a fin de igualar un color determinado, cuantificando el sistema Munsell de acuerdo con las teorías de Newton y Grassman¹⁰⁴⁶ (ver Tablas 47 y 48).

¹⁰⁴³ **Colorimetría:** parte de la Óptica dedicada al estudio de la medida y representación del color objetivo, de gran relevancia e importancia para el mundo de la ciencia en general y de la Industria en particular. Existen diversos espacios cromáticos empleados en la definición del color: Trivariancia visual (tres coordenadas), espacio cromático CIEYxy (1931), CIE L*a*b* (1976) y CIELCH (Tono H*, croma C* y Claridad L*). Este es el más utilizado. CIE. *Recommendations on Uniform Color Spaces, Color Difference Equations, Psychometric Color Terms*. Supplement nº2, publicación nº15. Paris: Bureau Central CIE, 1978. CLIMENT, V., CARPINELL, P. *Op. cit.*, pp. 143. *Ibid.*, pp. 37-56.

¹⁰⁴⁴ LLUSAR, M., MONRÓS, G., TENA, M.A., ESTEVE, V., BADENES, J.A. *Op. cit.*, p. 124.

¹⁰⁴⁵ *Ibidem*. SÁNCHEZ MUÑOZ, G. *Imagen digital 4.0*. Madrid, 2011. <www.gusgsm.com>. [Consulta: 23/06/11].

¹⁰⁴⁶ *Ibid.*, p. 59.

Tabla. 47. Luminosidad, tonalidad e intensidad o croma.

Luminosidad	Grado de claro-oscuro de blanco a negro. Eje vertical de la representación
Tonalidad	Tono del color: rojo-verde, círculo horizontal sistema
Intensidad o croma	Energía absorbida por el objeto. Si es intensa, el croma es alto.

Tabla 48. a* b* L*.

a*	Tonalidad	Eje del color rojo (+) a verde (-)
b*		Eje amarillo (+) a azul (-)
L*	Luminosidad	Escala de 0 (negro) a 100 (blanco)

Tras realizar las mediciones con un colorímetro, pueden calcularse las variaciones de color, estableciéndose una tolerancia en las medidas de los parámetros cromáticos.

Para evaluar la diferencia entre dos colores, se emplea la ecuación de **Diferencia total de color**

ΔE^* (EC: 20)¹⁰⁴⁷, siendo diferentes a partir de $\Delta E^* = +1,22$ según Sánchez¹⁰⁴⁸. También pueden calcularse las diferencias de luminosidad ΔL^* , saturación ΔC^*_{ab} y tono ΔH^*_{ab} (EC: 21-23), así como otro valor de gran interés para la conservación restauración, indicador de la oxidación, degradación o a la presencia de suciedad: el **índice de amarilleo YI** (EC: 24)¹⁰⁴⁹.

EC: 20
$$\Delta E^*_{ab} = \left[(dL^*)^2 + (da^*)^2 + (db^*)^2 \right]^{1/2}$$

 Donde: ΔE^*
 dL^* : $L^*_{muestra} - L^*_{estándar}$.
 da^* : $a^*_{muestra} - a^*_{estándar}$.
 db^* : $b^*_{muestra} - b^*_{estándar}$.

EC: 21
$$\Delta L^* = L^*_T - L^*_R$$

EC: 22
$$\Delta C^*_{ab} = C^*_{ab,T} - C^*_{ab,R}$$

 Donde:
 $C^*_{ab,T} = (a^{*2}_T + b^{*2}_T)^{1/2}$
 $C^*_{ab,R} = (a^{*2}_R + b^{*2}_R)^{1/2}$

EC: 23
$$\Delta H^*_{ab} = K_H \left\{ \left[(\Delta E^*_{ab})^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*_{ab})^2 \right]^{1/2} \right\}$$

 Donde:
 $K_H = +1$ para $(a^*_R b^*_T - a^*_T b^*_R) \leq 0$
 $K_H = -1$ para $(a^*_R b^*_T - a^*_T b^*_R) < 0$

EC: 24
$$YI = 100 \frac{(1.28X - 1,06Z)/Y}{Y}$$

$$YI = ((X-Z)/Y) \cdot 100$$

 Donde X, Z e Y = valores triestímulos CIE

¹⁰⁴⁷ **Diferencia total (ΔE^*_{ab}):** distancia geométrica entre las posiciones de dos colores en el espacio de color CIE 1976 $L^*a^*b^*$. Aumenta con el índice de amarilleo (YI) y disminuye con la luminosidad (L^*). ΔE^*_{ab} de muestras próximas al blanco debe describirse con ΔE^*_{ab} , ΔL^* y Δa^* y Δb^* , en lugar de ΔC^*_{ab} y ΔH^*_{ab} . AENOR. *Pinturas y Barnices. Colorimetría*. UNE 48-073-94/3. Madrid: AENOR, junio 1994, p. 3.

¹⁰⁴⁸ *Ibidem*. SÁNCHEZ MUÑOZ, G. *Imagen digital 4.0*. Madrid, 2011. <www.gusgsm.com>. [Consulta: 23/06/11]. El valor de ΔE^* : puede depender según el criterio empleado por la industria.

¹⁰⁴⁹ La percepción visual del amarilleo se debe a la absorción producida en la región del azul del espectro. AENOR. *Op. cit.*, p. 3. DOWN, J. L., McDONALD, M.A. TÉTREAU, J., WILLIAMS, R. S. "Pruebas de adhesivos en el CCI. Una evaluación de una selección de adhesivos acrílicos y de acetato de polivinilo". *Studies in Conservation*. Vol. 41, nº1. London: IIC, 1996, pp. 19-20. GONZÁLEZ, E., LEAL, J. *Op. cit.*, pp. 223-231.

8.1.4. Medida del brillo:

La variación del brillo de una capa pictórica, como resultado de la modificación de la morfología superficial por aplicación de presión y temperatura, o a causa del rellenado o nivelado del consolidante aplicado, tendrían consecuencias negativas para las obras contemporáneas alterando a su vez el concepto de las mismas. La realización de mediciones de brillo sobre las superficies antes y después de la intervención, nos ayudará a evaluar el riesgo y éxito de los tratamientos. Por tanto, se plantea determinar los cambios de brillo de los adhesivos y consolidantes seleccionados, antes y después del envejecimiento acelerado.

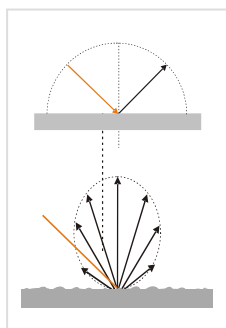


Fig. 283. Reflexión
especular.
Reflexión difusa.
García Boix.

Tal y como vimos en el punto 6.3, según la morfología física de las superficies se producirá un tipo de reflexión al incidir la luz sobre ellas¹⁰⁵⁰. De este modo, si la superficie es lisa o pulida, el ángulo reflejado será idéntico al ángulo de la luz incidente y la luz reflejada lo hará de forma regular y en una única dirección (Fig. 283).

Hablamos de la reflexión especular y es la responsable de la apariencia brillante de un material. Por el contrario, la reflexión difusa es aquella que se produce en superficies rugosas al reflejar la luz incidente de forma irregular y en todas las direcciones, dando una apariencia mate (reflectancia especular baja)¹⁰⁵¹.

¹⁰⁵⁰ Cfr. PEÑAS, J. "La luz y sus propiedades. Reflexión". *Educaplus*. [En línea]. Educaplus© 2007. <www.educaplus.org>. [Consulta: 17/08/07]. TEMME, K. "Mediciones. Mediciones del brillo y grado de pulverulencia". *Restauración de pintura contemporánea*. Madrid: Ed. Akal, Istmo, 2003, pp. 82-85.

¹⁰⁵¹ Una superficie tiene características especulares cuando es completamente lisa y sus irregularidades son menores que las longitudes de onda de la luz incidente (espejos). Cuando tienen irregularidades, la magnitud de estas es similar a las longitudes de onda. Brillo especular: "relación del flujo luminoso reflejado por un objeto en la dirección especular, para una fuente y un ángulo de recepción específicos, respecto al flujo luminoso reflejado por un vidrio con un índice de refracción de 1,567 en la dirección especular". En la escala se asigna el valor 100 (20°, 60° y 85°) a un vidrio negro pulido con un índice de refracción de 1,567. MATTENI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, pp. 33-34. KLEIN, E. *Op. cit.* p. 1. AENOR. *Pinturas y Barnices. Determinación del*

La sensación visual de brillo no puede registrarse adecuadamente con una medida física debido a la influencia del sistema de aplicación, sustrato, tipo de material y envejecimiento, sin olvidar el componente fisiológico y psicológico. Por tanto, la técnica solo puede medir la cantidad de rayos que al incidir sobre la superficie con un ángulo determinado son reflejados¹⁰⁵².

Tabla. 49. Clasificación % brillo especular a 60°. Elias y Sindaco.

Categoría	Brillo 60° (GU)
Brillante	> 70
Satinado-brillante	45-70
Satinado-medio	20-45
Mate-Satinado	10-20
Mate	< 10

A través de un reflectómetro o brillómetro se hace llegar sobre la superficie un haz luminoso paralelo con un ángulo de 20°, 60° o 85°. Una célula fotoeléctrica recoge la luz resultante tras la reflexión. Si esta es reflejada de forma difusa alrededor del ángulo de reflexión se tratará de una superficie mate y si lo hace en su haz original, será brillante. La geometría de 60° es aplicable a todas las películas proporcionando el criterio de clasificación recogido en la Tabla

49, pero para las de elevado brillo y próximas al mate, son más adecuadas las geometrías de 20° y 85°. La de 20° (menor abertura del receptor) proporciona una mejor diferenciación entre películas de brillo alto (superior a 70 GU a 60°) y la de 85°, una mayor diferenciación si las películas son mates (inferior a 10 GU a 60°)¹⁰⁵³.

El registro de los cambios de brillo de un material nos aporta información sobre el comportamiento del mismo tras su envejecimiento. Así mismo, se hace indispensable tras la aplicación de un consolidante u adhesivo a fin de asegurar si el material tratado ha sufrido algún cambio tras la intervención.

8.1.5. Medida del pH:

El cambio de pH de un material puede responder a un cambio estructural como respuesta al envejecimiento. Por otra parte, cabe valorar la posible

brillo especular de películas de pintura no metálicas a 20°, 60° y 85°. UNE-EN ISO 2813. Madrid: AENOR, nov. 1999, p. 5.

¹⁰⁵² TEMME. K. *Op. cit.*, pp. 82-85.

¹⁰⁵³ Este sistema presenta ciertas limitaciones al garantizar únicamente mediciones exactas sobre superficies lisas. Si tienen textura, solo sería posible en estructuras pequeñas comparadas con el tamaño del campo de medida. *Ibid.*, 77. AENOR. UNE-EN ISO 2813. *Op. cit.*, p. 5. BROCK, *et Al. Op. cit.*, p. 369. ELIAS, M., SINDACO, C. "Le refixage et la consolidation des peintures non vernies. Une collaboration entre scientifique et restaurateur". Support/Tracé, nº 6. Paris: ARSAG, 2006, p. 88.

alteración de las zonas colindantes al material introducido tanto en una intervención de consolidación como de adhesión.

De este modo, los objetivos planteados consisten en detectar los cambios de pH a nivel superficial de las películas secas de adhesivos y consolidantes tras someterlos a envejecimiento acelerado, realizando su clasificación en función del valor obtenido.

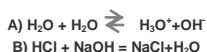
EC: 25 **pH: $\log 1/[H^+]$**

Donde: $[H^+]$: concentración ión hidrógeno muestra ensayo

El **pH** está relacionado con el concepto de la hidrólisis del agua y se define como la medida del estado ácido-básico de una solución que contiene iones H^+ (EC: 25)¹⁰⁵⁴.

El pH puede medirse tanto en soluciones como en la superficie de los sólidos. El principio consiste en calcular la diferencia de potencial entre un electrodo de vidrio y uno de referencia sumergido en la dispersión acuosa a una temperatura especificada, y la lectura directa de dicha diferencia en la escala del pH-metro expresada en unidades de pH¹⁰⁵⁵. La escala se extiende de 1 a 14, el pH = 7 corresponde a soluciones neutras, <7 a las ácidas y >7 a las básicas. Las disoluciones en agua serán ácidas (contienen más iones hidrógeno que iones hidroxilo: $(H^+) > (OH^-)$), básicas (contienen más iones hidroxilo que iones hidrógeno: $(H^+) < (OH^-)$) o neutras (igual número de iones hidrógeno e iones hidroxilo: $(H^+) = (OH^-)$).

Los **ácidos** y las **bases** son dos grupos opuestos de sustancias químicamente activas consideradas polos divergentes de acción. Existen diversas teorías para definirlos: la de Arrhenius, Brønsted-Lowry y Lewis¹⁰⁵⁶.



¹⁰⁵⁴ Llamamos **hidrólisis** a la reacción de descomposición por efecto del agua.

El H_2O neutra es capaz de autoionizarse levemente en dos elementos de carga positiva y negativa, que actúan como ácido en el primer término (H_3O^+ hidronio) y como base en el segundo (OH^- oxidrilo) (A). La reacción contraria es la neutralización, por la que un ácido y una base reaccionan dando sal + agua (B). VV.AA. *Enciclopedia interactiva Planeta DeAgostini CD-ROM*. Búsqueda: ácidos y bases, pH. Barcelona: Planeta Agostini, 1991. LATRE, F., USÓ, J. *Química*. Castellón: Latre y Usó, 1991, p. 145. AENOR. *Adhesivos. Determinación del pH*. UNE-EN ISO 1245. Madrid: AENOR, junio 1999, p. 6. MAYER, R. *Materiales y técnicas del arte*. Madrid: Hermann Blume, 1985, pp. 392-394.

¹⁰⁵⁵ *Ibidem*. VV.AA. *Science for Conservators. Cleaning*. Vol. 2. New York: Museums & Galleries Commission and Routledge, 2005, p. 96.

¹⁰⁵⁶ RIPOLL MIRA, E. *Recursos educación* [En línea]. Ácidos y bases. <<http://recursostic.educacion.es>>. [Consulta: 23/03/12].

Según Arrhenius los ácidos se definen como electrolitos que contienen hidrógeno y que al disolverlos en agua producen una mayor concentración de iones hidrógeno o protones (H^+), que el agua pura. Y las bases como aquellas sustancias que producen un exceso de iones hidróxido (OH^-). Dicha teoría fue criticada debido a que se limitaba a las especies químicas que contenían hidrógeno (ácidos), y a las que contenían iones hidróxido (bases), y a que se refería únicamente a disoluciones acuosas. De ahí que Brønsted y Lowry definieran a los ácidos como sustancias capaces de ceder protones (iones hidrógeno H^+) y a las bases como capaces de aceptarlos, no siendo necesario un medio acuoso. Esta explica la capacidad de los ácidos y bases fuertes de desplazar de sus compuestos a los ácidos y bases débiles respectivamente¹⁰⁵⁷.

Según la teoría general planteada por Lewis en 1923, desarrollada posteriormente en 1938, una base es una sustancia que puede donar un par de electrones (ej. amoníaco) y un ácido aquella capaz de aceptarlos (ej. trisulfuro de boro). Un ácido debe tener su octeto de electrones incompleto y la base algún par de electrones solitarios. La reacción entre ambos dará como resultado un compuesto de adición. Esta teoría incluye sustancias que se comportan como ácidos pero que no cumplen la definición de Brønsted y Lowry, denominándose ácidos y bases de Lewis. La fuerza de estos debe medirse comparando su tendencia a ceder o aceptar protones a un patrón previamente establecido. Así, un ácido fuerte presentará un elevado grado de disociación, mientras que uno débil será escasamente disociable. Una base será fuerte o débil según la mayor o menor facilidad con la que se una al ión H^+ .

Los ácidos tornan el papel tornasol azul en rojo, mientras que las bases lo tiñen de azul, enrojecen la disolución alcohólica de fenoftaleína y dejan pasar la corriente eléctrica en disolución acuosa mientras experimentan una descomposición química¹⁰⁵⁸. Estas son cáusticas, con sabor amargo, deterativas, de tacto jabonoso, muy activas desde el punto de vista químico debido a su capacidad de romper las moléculas de las grasas y neutralizar los ácidos¹⁰⁵⁹. Generalmente reaccionan con los ácidos dando lugar a una sal más agua según la reacción (B).

¹⁰⁵⁷ *Ibidem*. TORRACA, S. *Solubilidad y disolventes en los problemas de conservación*. Roma: ICCROM, 1981, pp. 45-47.

¹⁰⁵⁸ *Ibidem*. VV.AA. *Op. Cit.* LATRE, F., USÓ, J. *Op. cit.*, pp. 145, 266.

¹⁰⁵⁹ TORRACA, S. *Op. cit.*, p. 33.

8.1.6. Comportamiento mecánico (esfuerzo-deformación):

Las obras pictóricas están expuestas a la degradación por estrés mecánico, al estar sometidas a cargas y tensiones según las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa que las rodeen. El comportamiento mecánico de los materiales introducidos tras un tratamiento de consolidación y adhesión puede variar dichas propiedades, siendo la compatibilidad mecánica un factor exigible. Por ejemplo, la deformación física de un adhesivo podría afectar a los estratos que mantiene unidos, provocando deformaciones o el fallo de la unión.

Estudiando este comportamiento en los consolidantes y adhesivos utilizados podemos conocer por ejemplo, la tensión y la deformación que soportarán antes de su rotura, pudiendo predecir algunas interacciones entre estos y las pinturas. A su vez, podremos proporcionar datos que faciliten su selección¹⁰⁶⁰. De ahí que se plantee determinar el comportamiento mecánico (resistencia a la tracción, alargamiento y rotura) de los *films* secos de polímero antes y después de su envejecimiento acelerado, y clasificar los distintos productos según su comportamiento mecánico.

Tal y como se expuso en los capítulos precedentes, las condiciones ambientales afectarán al comportamiento mecánico de las obras pictóricas, constituyendo un factor externo de degradación. Dicho comportamiento, no es un valor constante, que depende solo de estas y de sus oscilaciones¹⁰⁶¹. Además, las propiedades mecánicas de los polímeros están determinadas por el tiempo, velocidad e intensidad de aplicación de la carga, así como por las fuerzas de adhesión desarrolladas, la T_g, el peso molecular y la viscosidad, parámetros a los que debe sumarse el envejecimiento del material. Para conocer los distintos niveles de flexibilidad y la resistencia de estos materiales, se realizan estudios a través de las curvas de esfuerzo-deformación, las cuales proporcionan datos sobre el módulo de elasticidad, el

¹⁰⁶⁰ CARNAZZA, P. "Funori, adesivo di origine vegetale". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, p. 184.

¹⁰⁶¹ Mediante los coeficientes de expansión por humedad relativa y térmico, puede relacionarse la hinchazón y contracción de volumen de un material a unas condiciones ambientales determinadas. Cfr. FUSTER LÓPEZ, L. *Estudio de la idoneidad de las masillas de relleno en el tratamiento de lagunas en pinturas sobre lienzo Evolución histórico-técnica y análisis físico-mecánico*. Tesis doctoral. Valencia. Facultad BB.AA. UPV y SMCI, 2006, p. 85.

límite viscoelástico, el alargamiento en el momento de rotura y la resistencia cohesiva¹⁰⁶².

Los materiales introducidos durante una intervención deberán ser compatibles mecánicamente con la obra. Por tanto, sería bueno que un adhesivo imitara la flexibilidad y resistencia de los estratos que mantiene unidos, y que un consolidante no modificara dichas propiedades¹⁰⁶³. Según Mecklenburg, los materiales de una pintura pueden y deben ser estudiados por separado, realizando modelos matemáticos que analicen su comportamiento en conjunto¹⁰⁶⁴.

EC: 26

$$\sigma = F/A$$

Donde: σ : tensión del material (N/mm²).

F: fuerza que actúa sobre este.

A: superficie del material sobre la que actúa F (espesor . anchura).

EC: 27

$$\epsilon = (L-L_0)/L_0 = \Delta L/L_0$$

Donde: ϵ : deformación.

L: nueva longitud muestra.

L₀: dimensión original

EC: 28 $E = \sigma / \epsilon$

Donde: E: módulo de Young. σ : tensión. ϵ : deformación.

Al realizar ensayos de **esfuerzo-deformación**, el material se tensa progresivamente al aplicarle una fuerza en unas determinadas condiciones de HR y T, el cual se va deformando hasta su rotura. La tensión o **esfuerzo** (σ) que sufre un material, tiene que ver con la fuerza y la superficie sobre la que actúa dicha fuerza (EC: 26)¹⁰⁶⁵.

La **deformación** (ϵ) se calcula poniendo en relación la longitud original de la muestra con la resultante tras aplicar una fuerza (EC:27). El **módulo de Young** o módulo de elasticidad (**E**) se define como la relación constante entre la tensión σ y la deformación ϵ de un material en su región elástica, estando influido por la HR y la T. Con este valor, obtenemos información sobre la flexibilidad o rigidez del material testado (EC: 28)¹⁰⁶⁶.

¹⁰⁶² Fuerzas de tracción, compresión, flexión, torsión, corte o cizalladura y pelado. En un material se producen tanto por agentes internos como externos (ver C.4). FUSTER LÓPEZ, L. *Op. cit.*, pp. 86, 94-101, 132.

¹⁰⁶³ Existe una relación inversa entre la flexibilidad y la resistencia de la película del adhesivo. Cuanto mayor es la resistencia más baja es su flexibilidad. DOWN, J. *Op. cit.*, p. 18-21. DOWN, J. L., McDONALD, M.A., TÊTREAU, J., WILLIAMS, R. S. *Op. cit.*, pp. 17-18.

¹⁰⁶⁴ MECKLENBURG, M.F. *Some aspects on the mechanical behavior of fabric supported painting*. Washington: Smithsonian Institution, 1982, pp. 38-39.

¹⁰⁶⁵ FUSTER LÓPEZ, L. *Op. cit.*, pp. 94 y 149.

¹⁰⁶⁶ MECKLENBURG, M.F., LÓPEZ FUSTER, L. *Estudio de las propiedades mecánicas y dimensionales de los materiales pictóricos*. Diapositivas. Valencia: Ed. UPV, 2009.

La flexibilidad y la elasticidad son propiedades mecánicas relacionadas entre sí. La elasticidad es inversamente proporcional al módulo de Young y a la temperatura de vitrificación T_g (temperatura en la que un sólido rígido empieza a ser flexible)¹⁰⁶⁷, de forma que cuanto mayor es E , menor la deformación elástica y mayor la rigidez. Por el contrario, un módulo bajo, indicará que se trata de un material flexible y mayor será su deformación. Mecklenburg y Fuster señalan que un material con un módulo elevado experimentará las mayores tensiones y viceversa¹⁰⁶⁸. Si se conoce la deformación experimentada y E , conocemos el esfuerzo en tensión o compresión desarrollado. Además existe una relación inversa entre la flexibilidad y la resistencia del *film* adhesivo¹⁰⁶⁹.

En la Fig. 284 diferenciamos la **región elástica** (deformación temporal que desaparece al eliminar la fuerza volviendo al tamaño y forma original), la **región plástica** (deformación permanente no recuperable) y el **punto de fractura**. El límite viscoelástico, definido como **fluencia**, corresponde al punto a partir del cual comienza la región plástica (en las curvas de carga-deformación de las sustancias viscoelásticas coincide con la primera zona donde la pendiente es cero), en la que como decimos la deformación es irreversible y se obtiene una deformación a tensión constante¹⁰⁷⁰. Hay que decir que no todos los polímeros generan curvas de tensión-deformación con una zona definida con pendiente cero y una zona de deformación plástica totalmente horizontal. En estos casos se ha definido como punto de fluencia aquel a partir del cual la pendiente de la curva es inferior al 10%. La fluencia

¹⁰⁶⁷ GONZÁLEZ, E., LEAL, J. *Op. cit.*, p. 223. Cfr. WOLBERS, R. "Proprietà Meccaniche a Breve Termine degli Adesivi: Effetto dei Solventi e dei Plastificanti". *L'Attenzione alle superfici pittoriche. Atti congresso CESMAR7*. Padova: Il Prato, 2008, p. 120.

¹⁰⁶⁸ Un material rígido tendrá un punto de tensión máxima elevada y una reducida capacidad de deformación. Si es flexible, tendrá una tensión inferior y una deformación elevada. MECKLENBURG, M.F., LÓPEZ FUSTER, L. *Op. cit.*

¹⁰⁶⁹ FUSTER LÓPEZ, L. *Op. cit.*, p. 137. DOWN, J. L., McDONALD, M.A., TÉTREAU, J., WILLIAMS, R. S. *Op. cit.*, p. 17.

¹⁰⁷⁰ Los polímeros lineales (ej. termoplásticos) tienen un comportamiento viscoelástico, zona de deformación elástica (respuesta inmediata de sólido elástico que no depende del tiempo) y plástica (respuesta progresiva de líquido viscoso que depende del tiempo). Los polímeros reticulados presentan deformaciones elásticas de baja magnitud y los polímeros entrecruzados (ej. elastómeros, caucho) presentan deformaciones elásticas de elevada magnitud. Cfr. BALART GIMENO, R. *Introducción al Comportamiento Mecánico de los Materiales Plásticos*. Polimedia. [En línea]. EPSA, UPV. 2008-04-14. <<http://hdl.handle.net>>. [Consulta: 03/01/12]. KLOMPEN, E.T.J. *Mechanical properties of solid polymers. Constitutive modelling of long and short term behaviour*. Eindhoven: Ed. Eindhoven Technische Universiteit, 2005.

se caracteriza por sus coordenadas, es decir, la elongación a la que se produce y la fuerza necesaria para llegar a este punto: deformación por tracción a fluencia (DTF) y esfuerzo por tracción a fluencia (ETF). Por otro lado, a través del segmento plástico se diferencia la ductilidad y maleabilidad de un material antes de su rotura.

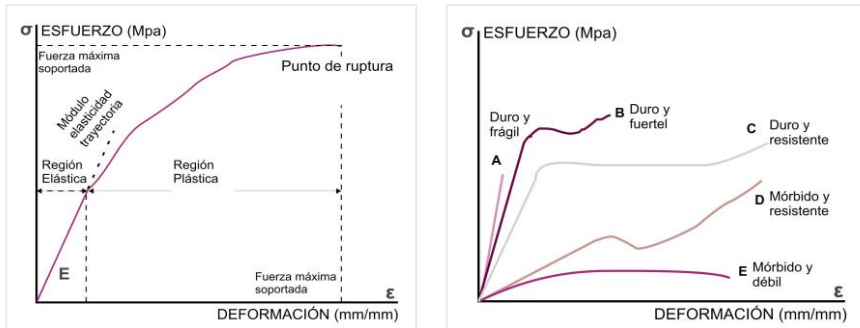


Fig. 284. Curva esfuerzo-deformación de los polímeros según Fuster/Mecklenburg.

Fig. 285. Comportamiento del material según curva de carga-deformación. Wolbers.

La **resistencia máxima** (σ_u) o punto de fractura es la máxima tensión que el material puede soportar antes de romper y nos da una idea aproximada de su fuerza cohesiva. Un material será más dúctil cuanto más extendido sea su diagrama σ - ϵ en el sentido del eje ϵ , expresándose tanto en deformación ϵ como en % elongación (EC: 29)¹⁰⁷¹.

$$\text{EC: 29} \quad \text{Elongación} = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100 = \frac{\epsilon}{\epsilon} \times 100$$

$$\% \text{ Elongación} = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100$$

Donde: ϵ : deformación. L_f : longitud final. L_0 : longitud inicial. ΔL : diferencia longitud.

Mediante el cálculo del área inferior de la curva obtenemos la **tenacidad**. Cuanto menor sea más frágil es el material, y cuanto mayor, más resistente y tenaz¹⁰⁷².

Según Wolbers, podemos determinar si el material es duro y frágil (A), duro y fuerte (B), duro y resistente (C), mórbido y resistente (D) o mórbido y débil (E), fijándonos en el tipo de curva obtenida en los tests de carga y deformación, tal y como podemos apreciar en la Fig. 285¹⁰⁷³.

¹⁰⁷¹ FUSTER LÓPEZ, L. *Op. cit.*, pp. 140-141. Cfr. COLOMBO *et Al.* "Studio delle proprietà meccaniche di consolidanti utilizzati per il restauro di beni policromi mobili". *L'attenzione alle superfici pittoriche*. Atti CESMAR7. Saonara: Il Prato, 2009, pp. 39-48.

¹⁰⁷² Energía absorbida antes de la rotura. Obtenida mediante una integral. *Ibidem*.

¹⁰⁷³ MECKLENBURG, M.F., LÓPEZ FUSTER, L. *Op. cit.* WOLBERS, R. *Op. cit.*, p. 120.

8.2. MATERIALES Y MÉTODOS:

8.2.1. Selección de adhesivos y consolidantes. Formación de películas:

Esta se realizó teniendo en cuenta las fuentes bibliográficas, la introducción de nuevos materiales, así como los resultados obtenidos en la encuesta a especialistas en la materia y en el contacto con instituciones diversas. Esta incluye cuatro compuestos orgánicos naturales, dos polímeros semisintéticos y diez sintéticos, estando recogida en la Tabla 50 con su nombre comercial, naturaleza y concentración preparada.

Tras realizar las disoluciones con ayuda de un agitador magnético, estas fueron vertidas a peso sobre placas Petrie de vidrio (Ø15 cm), poliéster monosiliconado y/o papel siliconado según el tipo de polímero¹⁰⁷⁴, a fin de garantizar formación de películas homogéneas y la repetibilidad de las muestras según las normas UNE-EN ISO 1513 y UNE-EN ISO 1514¹⁰⁷⁵. El secado se realizó en el interior de una cámara climática durante 7 días con unas condiciones de $50 \pm 5\%$ HR, $23^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y ausencia de luz según indican las normas UNE 11341 y UNE 1514¹⁰⁷⁶. Posteriormente, las muestras fueron separadas y fragmentadas dependiendo de las pruebas a realizar (Fig. 287-290), siendo almacenadas en condiciones controladas hasta el inicio de los ensayos (18°C a 28°C , 55% HR y oscuridad).

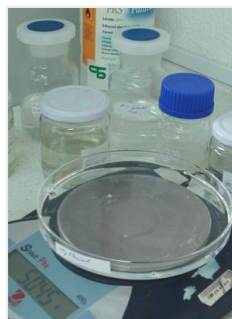


Fig. 286. Preparación de muestras.

¹⁰⁷⁴ Las concentraciones normalmente empleadas en restauración se ajustaron para formar películas de grosor adecuado. La conductividad del agua desionizada utilizada era 6 μS . Placas Petrie de vidrio en general, papel siliconado para la Beva® 371 y Melinex® siliconado para la cola de esturión, Funori, JunFunori® y Aquazol®. Las superficies fueron lavadas con jabón neutro, aclaradas con agua desionizada, desengrasadas con etanol y posteriormente secadas.

¹⁰⁷⁵ AENOR. *Pinturas y Barnices. Examen y preparación de las muestras para ensayo*. UNE-EN ISO 1513. Madrid: AENOR, marzo 1996, pp. 1-10. AENOR. *Pinturas y Barnices. Probetas normalizadas para ensayo*. UNE-EN ISO 1514. Madrid: AENOR, abril 2006, pp. 1-16. AENOR. *Adhesivos. Evaluación y preparación de muestras para ensayo*. UNE-EN ISO 1067. Madrid: AENOR, marzo 2006.

¹⁰⁷⁶ AENOR. *Pinturas y Barnices. Envejecimiento artificial y exposición a radiación artificial. Exposición a la radiación filtrada de una lámpara de arco de xenón*. UNE-EN ISO 11341. Madrid: AENOR, mayo 2005, p. 14. AENOR. UNE-EN ISO 1514. *Op. cit.*, pp. 1-16

8. Selección, estudio y testado de polímeros

Tabla. 50. Naturaleza y preparación de los polímeros seleccionados.

Nº	Cod.	Naturaleza	Producto
1	CE	Proteína	20% Cola de esturión en H ₂ O
2	GE	Proteína	20% Gelatina en H ₂ O
3	FU	Polisacárido	1% Funori en H ₂ O
4	JU	Polisacárido	1% JunFunori® en H ₂ O
5	MHEC	Metilhidroxietilcelulosa	4% Tylose® MH 300P en H ₂ O
6	KL	Hidroxipropilcelulosa	4% Klucel® G en H ₂ O
7	PV	Homopolímero vinílico (PVAI)	10% Gelvatol® en H ₂ O
8	A2	Homopolímero de 2-etil-2-oxazolina (PEOX)	20% Aquazol® 200 en H ₂ O
9	A5	Homopolímero de 2-etil-2-oxazolina (PEOX)	20% Aquazol® 500 en H ₂ O
10	PLE	Homopolímero acrílico (nBMA)	50% Plexisol® P-550 en White Spirit®
11	PLEX	Copolímero acrílico de Etilacrilato y metilmetacrilato (EA/MMA)	Plextol® B-500
12	AC	Copolímero acrílico de Etilacrilato y metilmetacrilato (EA/MMA)	Acril® 33
13	MOW	Copolímero vinilacetato 65% y acrilato de N-Butilo 35%, sin plastificantes.	Mowilith® SDMS (Ex DM%)
14	BE	Copolímero EVA, resina cetónica, ester ftálico del alcohol hidroabiético, parafina en solución de hidrocarburos alifáticos y aromáticos	50% Beva® O.F. 371 en White Spirit®
15	PA	Copolímero acrílico de Metilacrilato y Etilmetacrilato (MA/EMA)	20% Paraloid® B-72 en acetona
16	FLU	Copolímero Poliester-poliuretano lineal alifático	Fluoline® HY



Fig. 287. Grupo 0 o grupo patrón.



Fig. 288. Muestras polímeros 1-6. Grupos A y B.

8. Selección, estudio y testado de polímeros

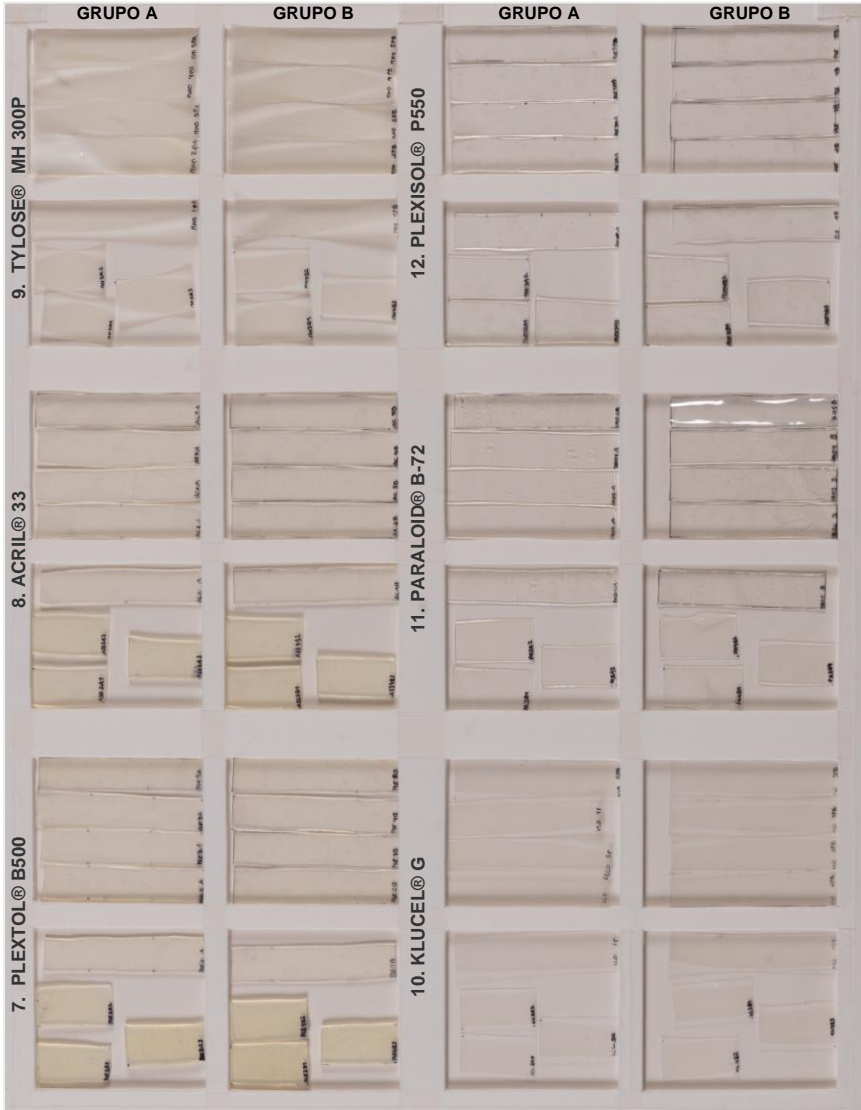


Fig. 289. Muestras polímeros 7-12. Grupos A y B.



Fig. 290. Muestras polímeros 13-16. Grupos A y B.

8.2.2. Envejecimiento acelerado por exposición a Humedad Relativa, Temperatura e irradiación UV-A:

Las muestras secas de polímeros fueron acondicionadas durante 7 días a 50 ± 5 % de HR y 23 ± 2 °C¹⁰⁷⁷. Posteriormente, se situaron en la bandeja central de una cámara climática *Climacell Komfort-line*¹⁰⁷⁸ asegurando la uniformidad de la energía recibida. Estas se depositaron una a una sobre portas de vidrio de 2,5 cm x 7,5 cm, colocadas a su vez sobre planchas metálicas para evitar un posible recalentamiento (Fig. 291 y 292).

De los programas de envejecimiento aplicables según la norma ASTM D1183-03, se eligieron aquellos cuyas condiciones semejaban más a las que pueden darse en situaciones reales no controladas ambientalmente en espacios de interior, como lo son todavía en muchos talleres de restauración y algunos museos locales (zonas de exposición y reserva)¹⁰⁷⁹. Así, el **Ciclo de envejecimiento tipo A**, que simula dichas condiciones de interior, se caracteriza por la variación de parámetros de temperatura y humedad relativa en ausencia de luz. El **Ciclo de envejecimiento tipo B**, con idénticos parámetros, incluye la presencia de radiación UV-A¹⁰⁸⁰, a través



Fig. 291 y 292. Cámara *Climacell* y muestras.

¹⁰⁷⁷ ASTM. *Standard Practices for Resistance of Adhesives to Cyclic Laboratory Aging Conditions*. ASTM D1183-03. Copyright © ASTM International, West Conshohocken, United States, 2010, pp. 1-3.

¹⁰⁷⁸ Las cámaras *Climacell* cuentan con un sistema de control de las condiciones de envejecimiento por microprocesador múltiple y programa Fuzzy-Logic.

¹⁰⁷⁹ VV.AA. "Studio per la caratterizzazione chimico-fisica e biologica dei consolidanti". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti del congresso CESMAR7 Milano, 2008. Padova: Il Prato, 2009. ASTM. ASTM D1183-03. *Op. cit.*, pp. 1-3.

¹⁰⁸⁰ *Ibidem*. ASTM. *Standard Practice for Exposure of Adhesive Specimens to Artificial Light*. ASTM D904-99. ©ASTM International, West Conshohocken, United States,

del uso de tubos UV-A Sylvania® Blacklight-Blue¹⁰⁸¹, simulando áreas de exposición con iluminación no filtrada. Estas condiciones se recogen en la Fig. 293 y Tabla 51. Posteriormente se separaron tres series de muestras (Grupo 0, Grupo A y Grupo B), envejeciendo los grupos A y B 14 días (2 ciclos = 336 h). Tanto las muestras patrón (Grupo 0) como las envejecidas, se almacenaron en la oscuridad en condiciones controladas de 18-28 °C¹⁰⁸² y 50 ± 5 %, siendo acondicionadas como mínimo 72 h a 50± 5 % y 23 ± 2°C antes de testarlas según las normas UNE-EN ISO 11341 y UNE 104281-5-17)¹⁰⁸³. Los cambios sufridos (ej.), de los que trataremos con detalle en el punto 8.1.3.1, se aprecian de un modo evidente en algunos compuestos como Mowilith® SDM5, Plecto® B500 (Fig. 294-296).

Tabla. 51. Ciclos de envejecimiento tipo A y B.

Recorrido	Grupos	Condiciones
Secado	0, A y B	23°C ±2°C y 50% HR ±5%
Envejecimiento Tipo A termohigrométrico	2 Ciclos (14 días, 336h)	24h (23°C-85% HR)
		24h (48´5°C-20%HR)
		72h (23°C-85%HR)
		48h (48,5°C-20%HR)
Envejecimiento Tipo B termohigrométrico y fotooxidativo	2 Ciclos (14 días, 336h)	24h (23°C-85% HR) + UV-A
		24h (48´5°C-20%HR) + UV-A
		72h (23°C-85%HR) + UV-A
		48h (48,5°C-20%HR) + UV-A

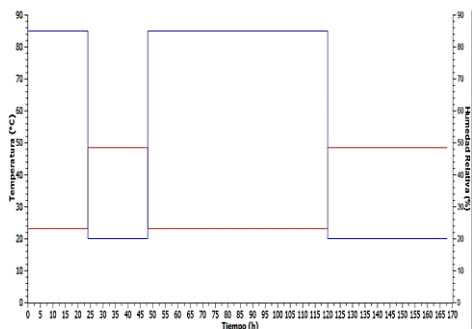


Fig. 293. Esquema rampas °C y HR 1 ciclo envejecimiento (7 días).

2010, pp. 1-3. AENOR. *Materiales bituminosos y bituminosos modificados. Pinturas y adhesivos. Métodos de ensayo. Envejecimiento acelerado con tubos fluorescentes de luz U.V.* UNE 104281-5-17: 1988. Madrid: AENOR, febrero 2003.

¹⁰⁸¹ UV-A Sylvania® Blacklight-Blue modelo 1BLB-T8 de 15 watts, con temperatura de color (k) na y espectro de UV-A de 315 nm-400 nm (picos a 352 nm y 368 nm) con fuerte efecto fotoquímico y fluorescente. El filtro de vidrio especial azul oscuro absorbe la radiación visible y emite sólo rayos cercanos al ultravioleta. OSRAM SYLVANIA. "Specialty Lighting". Sylvania Brilliant Light™. © 1999 OSRAM SYLVANIA. [En línea]. <www.sylvania.com.ar>. [Consulta: 24/09/10]. Cfr. OSRAM SYLVANIA. "F15W T8 BLB". © 1999 OSRAM SYLVANIA. [En línea]. <www.sylvania-lamps.com>. [Consulta: 24/09/10].

¹⁰⁸² Evidentemente dicho grupo ha sufrido un envejecimiento natural en la oscuridad. AENOR. *Pinturas y Barnices. Envejecimiento artificial y exposición a radiación artificial.* UNE-EN ISO 11341. *Op. cit.*, p. 7.

¹⁰⁸³ ASTM. *Op. cit.*, pp. 1-3. YOUNG, C. *Op. cit.*, p. 249.



Fig. 294. Muestras polímeros envejecidos 1-6. Grupos A y B.



Fig. 295. Muestras polímeros envejecidos 7-12. Grupos A y B.

8. Selección, estudio y testado de polímeros



Fig. 296. Muestras polímeros envejecidos 13-16. Grupos A y B.

8.2.3. Espectrofotometría UV-VIS y colorimetría:

Para el estudio de los distintos tipos de polímero mediante reflectancia difusa, se prepararon 4 muestras de 3,5 cm x 3,5 cm, subdivididas en muestras de 3,5 cm x 1,75 cm, para cada clase de envejecimiento (3 muestras para el Grupo A, 3 para el Grupo B y 3 para el Grupo 0 o Patrón).

Las mediciones se realizaron con un espectrofotómetro UV-VIS Jasco V-670 de doble haz con un solo Monocromador (Fig. 297)¹⁰⁸⁴ y software *Spectra Manager™ II*, en los laboratorios del Dpto. de Química Inorgánica y Orgánica de la Universitat Jaume I. Las condiciones de trabajo fueron: rango 200-2500 nm, velocidad de escaneo de 800 nm/min, intervalo de muestreo 1 nm, anchura del hendidado 2 nm y longitud de paso 10 mm¹⁰⁸⁵.

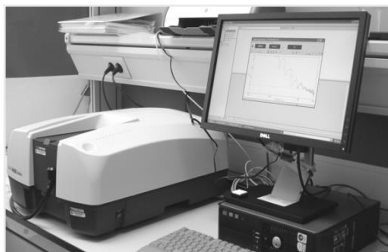


Fig. 297. Espectrofotómetro UV-VIS Jasco V-670. UJI.

8.2.4. Medida del brillo:

A fin de realizar las medidas del brillo de las muestras antes y después del envejecimiento acelerado, se prepararon 5 muestras de cada producto de 1,5 cm x 7,5 cm sobrepasando 0,5 cm el tamaño de la ventana de medida. Seguidamente, tal y como indica la norma UNE-EN ISO 2813, se determinaron los espesores de las películas utilizando un micrómetro¹⁰⁸⁶.

¹⁰⁸⁴ Rango de medidas: UV a NIR (190 hasta 2700 nm; opcionalmente 3200 nm). El diseño de su monocromador reduce el número de espejos necesarios para obtener altos valores de energía con excelente relación señal/ruido. Utiliza dos redes (cambio automático): 1200 líneas/mm para la región UV/VIS; 300 líneas/mm para la región NIR. Y un Fotomultiplicador como detector en la región UV-Vis y un detector PbS (refrigeración Peltier) para el NIR. Cfr. JASCO. "V-600 series". *UV-Vis/NIR Spectrophotometer*. [En línea]. © 2007 Jasco Comparison Proven Spain. <www.jasco.spain.com>. [Consulta: 16/05/10].

¹⁰⁸⁵ Dado que las muestras eran transparentes, el calibrado fue realizado con un papel fotográfico ILROND® MATTE 190g/m², que era colocado a su vez como base de las muestras en cada lectura. Cada muestra fue analizada antes y después de ser sometida a los dos tipos de envejecimiento acelerado (A y B).

¹⁰⁸⁶ AENOR. UNE-EN ISO 2813, pp. 1-35. Características micrómetro bolsillo: cuadrante de 19 mm, profundidad de cuello 0-10 mm y sensibilidad de lectura de 0,01

Las mediciones de brillo se realizaron con un brillómetro con geometría 20°, 60° y 85° *Elcometer® 407 Statistical Glossmeter* y software *Novo Soft™* (Fig. 298), sobre el vidrio negro de la base del brillómetro (muestras transparentes), tomando tres medidas y anotando la media como valor del brillo especular¹⁰⁸⁷.



Fig. 298. Elcometer® 407 Statistical Glossmeter.

8.2.5. Medida del pH:

La medición de pH de las superficies de los *films* secos se realizó con un pH-metro de contacto *Hanna HI 99171* con electrodo plano *HI 1414D*, antes y después del envejecimiento (Fig. 299)¹⁰⁸⁸. Para cada tipo de producto y envejecimiento se usaron las muestras empleadas en el punto 8.1.2.3. Previamente a la lectura se realizó un calibrado del pH-metro con soluciones tampón a pH 4 y 7. Tras unos segundos



Fig. 299. PH-metro de contacto.

después de verter una gota de solución HI 70960, se colocó el electrodo de medida hasta la estabilización de la lectura, la cual no debía diferir a la anterior en más de 0,1 según la norma UNE-EN ISO 1245¹⁰⁸⁹. El electrodo se limpiaba posteriormente con solución de limpieza y agua desionizada.

mm. AENOR. *Pinturas y Barnices. Determinación del espesor de película*. UNE-EN ISO 2808. Madrid: AENOR, mayo 2000, pp. 1-35.

¹⁰⁸⁷ La geometría de 60° permite lecturas de referencia sobre todo tipo de superficies. Si es >70 GU se recomienda usar la de 20° y si es <10, la de 85°. Los resultados no son comparables. Para medir pinturas el sustrato debe ser un vidrio calidad espejo (3mm). Los barnices transparentes pueden ensayarse sobre un vidrio negro. Si varían en 5 ud., se realizan tres nuevas medidas anotando la media. Calibrado a 20° (89,3), 60° (93,4) y 85° (98,4). Resolución del brillómetro: 0,1 GU; repetibilidad 0´1%; reproducibilidad: 0,5%; temperatura de trabajo: 0°C-50°C. *Ibidem*. ELCOMETER. *Elcometer 407 Statistical Glossmeter Operating Instructions*. ©Copyright Elcometer Instruments Ltd. 2007, pp. 1-28. BROCK, GROTEKLAES, MISCHKE. *Op. cit.*, pp. 368-369.

¹⁰⁸⁸ Intervalo de medida -2´00 a 16´00/-5´0 a 105°C/23 a 221 0°F.

¹⁰⁸⁹ AENOR. UNE-EN ISO 1245. *Op. cit.*, pp. 1-11.

8.2.6. Comportamiento mecánico:

El estudio del comportamiento mecánico de las películas de los 16 polímeros fue realizado utilizando una torre *INSTRON 3345*. Tal y como indicamos, se prepararon tres series de muestras (Grupo 0, Grupo A y Grupo B), formadas por cinco unidades de 7,5 x 1,5 cm. Se marcó la longitud inicial (l_0) del film (UNE-EN 1896), anotando su grosor medio (Fig. 300)¹⁰⁹⁰.

Antes de realizar el ensayo de esfuerzo-deformación en atmósfera normalizada ($23^{\circ}\pm 2$ °C y 50 ± 5 %)¹⁰⁹¹, las muestras se dejaron en condiciones de equilibrio en idénticas condiciones durante una semana. Antes de cada lectura, estas se relajaban durante unos 30 segundos. Las condiciones de trabajo fueron: célula de carga 5kN, velocidad de separación de las mordazas de 10 mm/min para los adhesivos rígidos y 50 mm/min para los flexibles, con lecturas cada 100 ms¹⁰⁹².

Se determinó el Módulo E, la fluencia 0 y 10%, así como la fuerza aplicada y el alargamiento de la probeta en el momento de la rotura. Para la obtención de estos datos se calculó la media y desviación típica (σ) de los resultados de cada probeta (Fig. 301 y 302).



Fig. 300. Micrómetro de bolsillo.

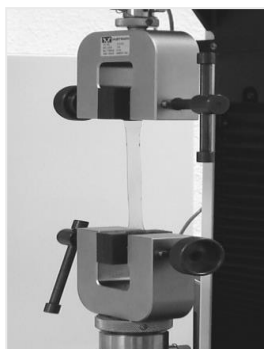


Fig. 301 y 302. Torre INSTRON 3345. Detalle ensayo esfuerzo-deformación.

¹⁰⁹⁰ El grosor fue medido con un micrómetro de bolsillo en cinco puntos calculando el valor medio (t_0) como base para el cálculo del área de la sección transversal. Características micrómetro: cuadrante de 19 mm, profundidad de cuello de 0-10 mm, lectura de 0,01 mm. AENOR. UNE-EN ISO 2808. *Op. cit.*, pp. 1-35. AENOR. *Adhesivos para papel y cartón, embalajes y productos sanitarios desechables. Determinación de la resistencia a la tracción y del alargamiento.* UNE-EN ISO 1896. Madrid: AENOR, septiembre 2001, p. 7.

¹⁰⁹¹ ASTM. ASTM D1183-03. *Op. cit.*, pp. 1-3.

¹⁰⁹² DOWN, J. L., McDONALD, M.A., TÉTREAU, J., WILLIAMS, R. S., *Op. cit.*, p. 31.

8.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

8.3.1. Observaciones previas en cuanto a la formación y envejecimiento de películas:

La formación de películas secas de los polímeros seleccionados sirvió para obtener una primera impresión organoléptica de su comportamiento y de la afinidad por las superficies sobre las que se aplicaron para su secado, sensibilidad a las condiciones ambientales o capacidad de formar un *film* continuo (ver Tabla 50 y 52).

Así, pudo comprobarse cómo los *films* de cola de esturión tenían la capacidad de arrancar en láminas el vidrio de la placa Petrie debido a la contracción por secado en las zonas de mayor grosor (Fig. 303). El funori, el JunFunori®, la Beva® 371 y ambos tipos de Aquazol® se quedaban adheridos al vidrio siendo imposible su separación. A su vez, la Beva® 371 se cuarteaba y blanqueaba dependiendo de la calidad del solvente empleado para diluirla (Fig. 304 y 305), y el Fluoline® HY se adhería sobre sí mismo, etc. Ambos tipos de Aquazol® presentaban un tacto temporalmente gomoso tras el envejecimiento tipo A, mientras que el Mowilith® SDM5, Acril® 33, Plextol® B500 formaban films pegajosos.



Fig. 303, 304 y 305. Delaminación del vidrio por contracción de la cola de esturión. Beva® 371: cuarteado y deformación. Beva® 371: cuarteado, blanqueo y deformación.

Algunos productos, como el funori y Mowilith® SDM5 destacaban por una notable coloración inicial (Fig. 287-290). Posteriormente, tras el envejecimiento formaban películas amarillentas junto al JunFunori®, Acril® 33, Plextol® B500, Beva® 371 (envejecimiento tipo B) y resto de colas naturales (Fig. 294-296).

La Tabla siguiente (nº 52) recoge algunas observaciones obtenidas tras someter a las muestras a ambos tipos de envejecimiento (aparición de burbujas, amarilleo, encogimiento), las cuales han sido de gran ayuda en la interpretación de los resultados.

Tabla. 52. Observaciones visuales formación y envejecimiento acelerado *films* polímeros.

Cod.	E.	Adhesión vidrio	Acabado	Amarilleo	Defectos	Flexibilidad	Grosor	Sensibilidad humedad	Tacto
FU	O	Sí	Mate	Sí	-	Alta	Bajo	Sí (alta)	Rugoso
	A	-	Mate	Sí (<rojo)	Impurezas	Disminuye	Bajo	Sí	
	B	-	Mate	<A	Impurezas	Disminuye	Bajo	Sí	
JU	O	Sí	Mate	Ligero. Abó con isopropanol	-	Alta	Bajo	Sí (alta retención)	Liso
	A	Sí	Mate	Sí	Manchas rosadas	Disminuye	Bajo	Sí	
	B	Sí	Mate	<A	-	Disminuye	Bajo	Sí	
CE	O	Sí (lo lamina al contraer)	Brillante	Sí		Media/baja	Medio	Sí	Liso
	A	Sí (lo lamina al contraer)	Brillante	Sí	Bordes encogidos	Disminuye	Medio	Sí	Liso
	B	-	Brillante	<A	Deformación	Disminuye	Medio	Sí	Liso
GE	O	No	Brillante	Sí	Encoge	Media/baja	Medio	Sí	Liso
	A	No	Brillante	Sí	Encoge	Disminuye	Medio	Sí	Liso
	B	No	Brillante	Disminuye	Encoge	Disminuye	Medio	Sí	Liso
MHEC	O	No	Translúcido. Mate. Brillante en contacto vidrio	No	-	Alta	Medio	Sí	Rugoso/liso
	A	No	ID	No	Encoge, Arrugas, deformación	Disminuye	Medio	Sí	Rugoso/liso
	B	No	ID	No	Deformación	Disminuye	Medio	Sí	Rugoso/liso
KL	O	No	Transparente. Brillante.	No	-	Alta	Medio	Sí	Liso
	A	No	Brillo satinado	No	Burbujas	Disminuye	Medio	Sí	Liso
	B	No	Brillo satinado	No	Burbujas	Disminuye	Medio	Sí	Liso
PV	O	No	Transparente. Brillante.	No	-	Alta	Medio	Sí	Liso
	A	No	Transparente. Brillante.	Ligero	-	Alta	Medio	Sí	Liso
	B	No	ID	-	Deformación	Alta	Medio	Sí	Liso
A2	O	Sí	Transparente. Brillante.	Ligero	-	Alta	Alto	Sí (alta)	Liso
	A	Fundido sobre vidrio	Transparente. Brillante.	Ligero	Burbujas, migración numeración	Alta	Alto	Sí (alta)	Liso/gomoso
	B	ID	ID	Ligero	ID	Alta	Alto	Sí (alta)	Liso
A5	O	Sí	Transparente. Brillante.	No	-	Alta	Alto	Sí (alta)	Liso
	A	Fundido sobre vidrio	ID	No	Burbujas, migración numeración	<A2	Alto	Sí (alta)	Liso/gomoso
	B	ID	ID	Sí	ID	<A2	Alto	Sí (alta)	Liso
PLE	O	No	Transparente. Brillante.	No	-	Flexible. Quebradizo tras secado	Medio	Baja	Liso
	A	No	>opacidad	No	Migración numeración	Disminuye	Medio	Baja	Liso
	B	No	-	No	Burbujas	Disminuye	Medio	Baja	Liso
PLEX	O	No	Brillante	No	-	Alta	Alto	Baja	Pegajoso
	A	No	<transparente	Sí	Migración numeración	Disminuye	Alto	Baja	ID
	B	No	<transparente	>A	ID	Disminuye	Alto	Baja	ID
AC	O	No	Brillante	Sí	-	Alta	Alto	Baja	Pegajoso
	A	No	<transparente	Sí	Migración numeración	Disminuye	Alto	Baja	ID
	B	No	<transparente	>A	ID	Disminuye	Alto	Baja	ID
MOW	O	No	Brillante	Sí	Burbujas	Alta	Alto	Baja	Pegajoso
	A	No	<transparente	Sí	Migración numeración	Disminuye	Alto	Baja	ID
	B	No	<transparente	>A	ID	Disminuye	Alto	Baja	ID
BE	O	Sí	Mate. Translúcido.	No	Cuardeado en capas gruesas. Pasmado.	Alta	Medio	Pasmado.	Ceroso
	A	Sí	ID	No	-	Disminuye	Medio	Sí	Ceroso
	B	Sí	ID.	Sí	-	Disminuye	Medio	-	Ceroso
PA	O	No	Transparente. Brillante.	No	-	Flexible. Quebradizo tras secado	Medio	Sí	Liso
	A	No	ID	No	Burbujas	Disminuye	Medio	Sí	Liso
	B	No	ID	No	Burbujas	Disminuye	Medio	Sí	Liso
FLU	O	No (se pega sobre sí mismo)	Mate. Translúcido.	No	No	Muy elástico	Bajo	Nulo	Liso ceroso
	A	No	ID	No	No	ID	Bajo	Nulo	ID
	B	No	ID	No	No	ID	Bajo	Nulo	ID

8.3.2. Espectroscopía Ultravioleta-Visible (UV-VIS) y colorimetría:

8.3.2.1. Coordenadas cromáticas CIE L*a*b* y CIE XYZ:

En la Tabla siguiente (Tabla 53), se incluyen las coordenadas cromáticas L*, a*, b* (CIE 1976), X, Y y Z (CIE 1931), como resultado de las lecturas realizadas mediante espectroscopía UV-VIS a las muestras de los 16 polímeros del Grupo 0 (grupo patrón no envejecido).

Al tratarse de películas o extensiones más o menos transparentes, a fin de realizar un estudio colorimétrico por reflectancia difusa, fue necesario utilizar un soporte blanco mate con el que se calibró el espectrofotómetro empleado. Así, los resultados deben interpretarse de modo inverso, pues una alta coordenada L* indica que el film es más transparente y deja pasar la luminosidad del fondo blanco de referencia.

Tabla 53. Coordenadas cromáticas Grupo 0 polímeros antes del envejecimiento acelerado.

MUESTRA	L*		a*		b*		X		Y		Z	
	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ
CE 0	91,6	0,2	-1,26	0,02	10,4	0,3	75,0	0,3	79,8	0,3	72,1	0,4
GE 0	90,20	0,07	-0,79	0,05	7,8	0,5	72,4	0,1	76,73	0,14	72,2	0,4
FU 0	93,0	0,5	0,02	0,01	17,7	0,5	54,9	33,3	82,9	0,9	66,2	1,3
JU 0	93,2	0,8	-0,13	0,05	10,4	2,1	79,1	1,9	83,5	1,9	75,6	4,5
PV 0	93,2	0,5	-0,04	0,05	0,7	0,2	79,1	1,1	83,5	1,2	88,55	1,09
MOW 0	76,9	0,5	-0,5	0,2	30,7	1,6	48,5	0,7	51,4	0,8	29,1	1,7
PLEX 0	78,6	1,7	0,7	0,3	14,1	1,5	51,7	2,5	54,3	2,9	44,5	3,9
AC 0	83,3	1,0	-0,53	0,01	7,5	0,5	59,2	1,8	62,7	1,9	58,9	2,1
MHEC 0	94,3	1,1	-0,73	0,04	3,9	0,3	81,1	2,5	85,9	2,7	86,6	2,5
KL 0	100,1	0,3	-0,22	0,04	0,78	0,12	95,2	0,8	100,4	0,9	106,52	1,06
PA 0	99,60	0,54	-0,11	0,01	1,18	0,11	93,8	1,3	99,0	1,4	104,4	1,5
PLE 0	94,4	0,3	0,04	0,01	0,41	0,06	81,7	0,7	86,2	0,7	91,9	0,8
BE 0	92,5	1,2	-0,81	0,03	2,82	0,12	77,2	2,6	81,9	2,7	83,9	2,8
A2 0	93,2	0,3	-0,42	0,04	2,08	0,17	78,9	0,6	83,5	0,6	86,7	0,6
A5 0	93,0	0,2	-0,82	0,09	3,8	0,3	78,3	0,4	83,0	0,5	83,8	0,1
FLU 0	95,39	1,18	-0,65	0,16	4,8	1,2	85,3	1,2	88,6	2,8	88,1	4,6

Tal y como podemos observar en la Tabla 53 y en el gráfico siguiente (Fig. 306), las películas secas de dichos polímeros poseían, antes de su envejecimiento acelerado, unas determinadas características a nivel cromático, es decir, unas tonalidades y luminosidades iniciales propias y características de cada material, si bien idealmente deberían presentar una coordenada L* próxima a 100 y unas coordenadas a* y b* iguales a 0.

Según lo expuesto, a grandes rasgos podrían separarse dos grupos de mayor a menor coloración. El primero, estaría formado por algunos productos sintéticos menos transparentes, tales como el Mowilith® SDM5, el Plextol® B500 y el Acril® AC33, seguido de los derivados de polisacáridos (funori y JunFunori®) y proteínas (gelatina y cola de esturión). De estos, destaca por su mayor coloración el Mowilith® SDM5 con un tono amarillo oscuro, seguido del Plextol® B500 (anaranjado), funori (amarillo anaranjado), JunFunori® (ligeramente menos transparente, amarillo y más verdoso que el FU), Acril® 33 (con un grado de luminosidad oscuro y tono azulado hacia el amarillo y un pequeñísimo matiz verde), y por último, de la cola de esturión (amarillo azulado claro) y gelatina (más oscura, azulada y ligeramente rojiza que la anterior).

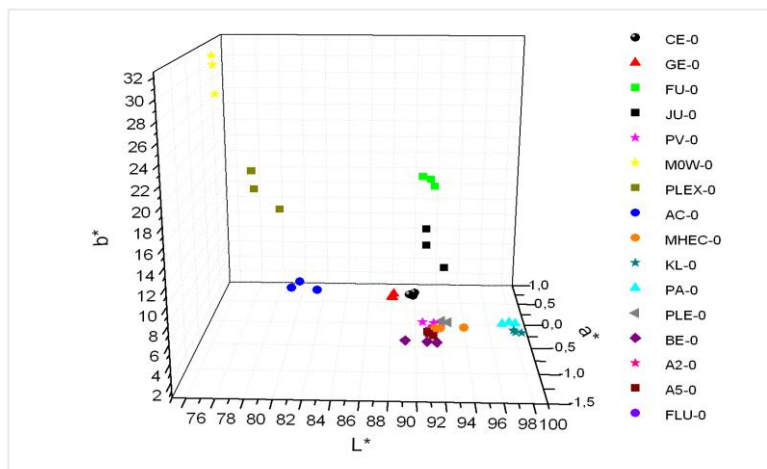


Fig. 306. Gráfico coordenadas L* a* b* polímeros antes de envejecer (Grupo 0).

Formando un segundo grupo, el resto de productos, serían más transparentes y presentarían unos mínimos matices de color azul verdoso. Destacan el Paraloid® B-72 y el Klucel® G, por ser los más transparentes y presentar este tipo de matiz. Menos transparentes y cada vez más verdosos, serían: el Plexisol® P550, Gelvatol®, Fluoline® HY, Aquazol® 200, Tylose MH 300P®, Aquazol® 500 y Beva® 371.

A continuación adjuntamos las Tablas 54 y 55 con las coordenadas cromáticas L*, a*, b*, X, Y y Z y los gráficos con coordenadas L*, a*, b* (Fig. 307 y 308), tras el envejecimiento de las muestras. Posteriormente se incluye un cuadro con las tendencias de color de las variables L* a* b* (Tabla 56) de

8. Selección, estudio y testado de polímeros

cada polímero tras el envejecimiento, de forma que si L* tiende a 100 se le asigna el color blanco y si desciende hacia 0, el negro. Si a* aumenta, se le asigna el rojo y si disminuye, el verde. Igualmente, si b* aumenta, se estipula el amarillo y si disminuye, el azul. Para concluir, se incluye la interpretación de dichos cambios material por material.

Tabla. 54. Media aritmética coordenadas cromáticas y desviación estándar (σ) envejecimiento tipo A.

MUESTRA	L*		a*		b*		X		Y		Z	
	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ
Valores	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ
CE A	91,9	0,3	-1,20	0,01	11,4	0,2	75,9	0,7	80,7	0,7	71,7	0,8
GE A	86,1	0,8	-1,09	0,04	14,7	0,5	64,90	2,11	68,3	1,7	56,5	1,9
FU A	89,2	0,5	1,2	0,1	25,5	0,7	71,23	1,12	74,62	1,08	50,8	1,5
JU A	87,3	0,4	2,26	0,12	17,2	0,9	68,0	0,7	70,6	0,8	55,9	1,6
PV A	94,7	0,6	-0,24	0,12	1,2	0,4	82,3	1,3	86,9	1,4	91,5	0,9
MOW A	77,3	1,3	0,2	0,2	31,6	2,6	47,4	1,6	49,9	1,7	27,6	2,7
PLEX A	79,3	1,5	0,9	0,4	14,91	2,13	52,9	2,4	55,5	2,7	44,8	4,2
AC A	88,3	0,8	-0,51	0,11	9,6	1,5	68,9	1,6	72,9	1,6	66,3	3,2
MHEC A	94,91	1,06	-0,46	0,02	3,5	0,2	82,7	2,4	87,4	2,5	88,7	2,4
KL A	96,5	1,5	-0,23	0,03	1,04	0,04	86,4	3,6	91,3	3,8	96,40	4,02
PA A	94,2	0,4	-0,26	0,01	0,8	0,2	81,2	0,9	85,7	1,0	90,8	0,8
PLE A	94,6	0,8	0,04	0,02	0,41	0,07	82,2	1,8	86,6	1,9	92,4	1,9
BE A	92,5	0,3	-0,83	0,04	3,54	0,05	77,2	0,6	81,8	0,6	82,9	0,6
A2 A	92,2	0,6	-0,62	0,02	1,64	0,03	76,5	1,2	81	1,3	84,7	1,3
A5 A	92,5	1,7	-0,65	0,03	3,3	0,4	77,3	3,5	81,9	3,7	83,3	3,9
FLU A	97,0	1,2	-0,6	0,1	4,2	0,8	87,3	2,9	92,38	3,02	92,9	4,3

Tabla. 55. Media aritmética coordenadas cromáticas y desviación estándar (σ) envejecimiento tipo B.

MUESTRA	L*		a*		b*		X		Y		Z	
	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ
Valores	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ
CE B	92,4	1,8	-0,59	0,08	5,7	0,8	77,2	3,8	81,7	4,0	80,0	4,9
GE B	90,2	0,3	-0,76	0,02	8,1	0,3	72,3	0,6	76,7	0,6	71,8	0,3
FU B	93,9	0,3	0,25	0,09	12,1	0,3	80,7	0,7	85,0	0,7	74,9	0,3
JU B	95,8	1,3	0,18	0,04	4,9	0,7	85,0	2,9	89,5	3,0	88,9	3,0
PV B	94,9	1,0	0,04	0,02	0,61	0,14	82,9	2,2	87,4	2,4	93,0	2,7
MOW B	75,8	1,0	3,5	0,7	36,0	3,3	34,9	2,3	49,6	1,6	24,6	2,8
PLEX B	76,8	0,9	1,65	0,09	27,68	0,03	49,0	1,5	51,1	1,5	31,0	1,1
AC B	78,4	1,6	0,3	0,2	15,9	0,5	51,3	2,5	53,9	2,7	42,6	2,0
MHEC B	99,2	0,2	-0,28	0,04	1,64	0,06	92,6	0,6	97,8	0,5	102,4	0,5
KL B	96,5	0,7	-0,05	0,01	0,17	0,04	86,4	1,6	91,1	1,7	97,6	1,8
PA B	94,5	0,3	-0,16	0,01	-0,05	0,05	81,8	0,7	86,3	0,7	92,7	0,9
PLE B	93,4	1,5	-0,02	0,11	0,4	0,4	79,5	3,2	83,9	3,3	89,44	3,03
BE B	92,0	0,3	-3,33	0,04	21,8	1,8	77,9	2,0	80,6	0,8	59,5	2,7
A2 B	92,0	0,3	-0,78	0,04	4,34	0,08	76,0	0,6	80,6	0,7	80,6	0,7
A5 B	93,2	0,8	-0,06	0,03	1,1	0,2	79,0	1,7	83,4	1,8	88,0	2,1
FLU B	95,0	0,8	-0,34	0,07	4,5	0,9	82,9	1,9	87,6	2,0	87,6	3,2

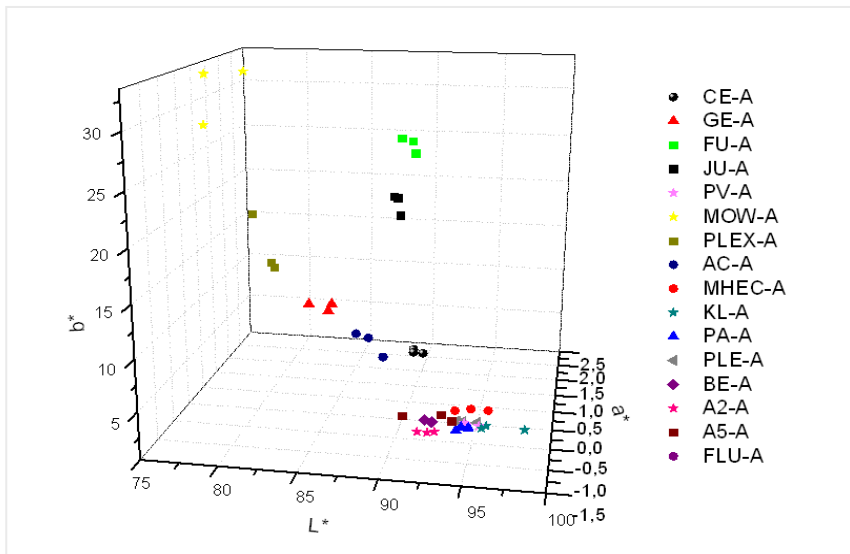


Fig. 307. Gráfico coordenadas cromáticas L* a* b* polímeros tras envejecimiento tipo A.

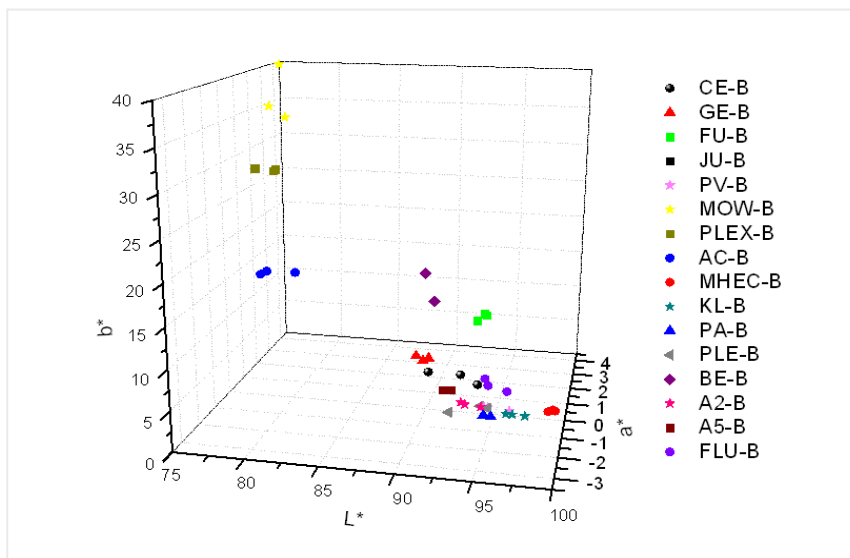


Fig. 308. Gráfico coordenadas cromáticas L* a* b* polímeros tras envejecimiento tipo B.

Tabla. 56. Tendencia color coordenadas L* a* b* tras el envejecimiento A y B.

Cod.	E.	L*	a*	b*
CE	A	=	■	■
	B	=	■	■
GE	A	■	■	■
	B	=	=	=
FU	A	■	■	■
	B	=	■	■
JU	A	■	■	■
	B	=	■	■
PV	A	=	■	■
	B	=	■	■
MOW	A	=	■	■
	B	=	■	■
PLEX	A	=	=	■
	B	=	■	■
AC	A	=	■	■
	B	■	■	■
MHEC	A	=	■	■
	B	=	■	■
KL	A	■	■	■
	B	■	■	■
PA	A	■	■	■
	B	■	■	■
PLE	A	=	=	=
	B	=	=	=
BE	A	=	■	■
	B	=	■	■
A2	A	=	■	■
	B	■	■	■
A5	A	=	■	■
	B	=	■	■
FLU	A	=	■	■
	B	=	■	■

Según la Tabla 54, 55 y 56, junto a la Fig. 306-308, así como teniendo en cuenta los márgenes de error, la **cola de esturión (CE)**: mantuvo la transparencia, haciéndose más roja y más amarilla tras el envejecimiento tipo A. Por el contrario, tras el tipo B, aunque también mantuvo la transparencia, se hizo más roja y más azul.

Gelatina (GE): pierde transparencia, se hizo más verdosa y amarilla tras el envejecimiento tipo A que tras el B, haciéndose más roja y más amarilla.

Funori (FU): perdió transparencia, adquiriendo una tonalidad más rojiza y amarilla (más anaranjada en definitiva) tras el envejecimiento tipo A. Tras el B, incrementó la transparencia, adquiriendo una tonalidad más rojiza y menos amarilla.

JunFunori® (JU): disminuyó la transparencia, se tornó más anaranjado al aumentar las coordenadas a* y b* tras el envejecimiento tipo A. Tras el tipo B, aumentó la transparencia, haciéndose más anaranjado rojizo y más azul.

Gelvatol® (PV): tras el envejecimiento tipo A aumentó la luminosidad al transparentar más el fondo blanco, haciéndose más rojo y amarillo. Tras el B, aumentó también la transparencia, tornándose más rojo y manteniendo la coordenada b*.

Mowilith® SDM5 (MOW): mantuvo la transparencia y la coordenada b*, haciéndose más rojizo tras el envejecimiento tipo A. Tras el B, mantuvo la transparencia, haciéndose notablemente más rojizo y amarillo.

Plectol® B500 (PLEX): tras el envejecimiento tipo A mantuvo la transparencia y el tono verde, aumentando el amarillo. Tras el B, mantuvo la transparencia, aumentando el tono rojo y amarillo (más anaranjado).

Acril® 33 (AC): tras el envejecimiento tipo A, aumentó la luminosidad al transparentar más el fondo, mantuvo el tono verde y se tornó más amarillo. Tras el B disminuyó la transparencia, se hizo más rojo y amarillo.

Tylose® MH300P (MHEC): tras el envejecimiento tipo A mantuvo la luminosidad transparentando el fondo y el tono azul, aumentando el rojo.

Igualmente, tras el B, aumentó transparencia junto al rojo, tornándose más azul.

Klucel® G (KL): perdió transparencia tras el envejecimiento tipo A, no modificó el tono verdoso y aumentó el azul. Tras el B, perdió transparencia, aumentó el tono rojo y azul.

Paraloid® B72 (PA): tras ambos tipos de envejecimiento se hizo más opaco, verdoso y azul.

Plexisol® P550 (PLE): tras el envejecimiento tipo A y B mantuvo la transparencia sin variar el tono.

Beva® 371 (BE): tras el envejecimiento tipo A permaneció prácticamente igual, si bien, se hizo más verde y azul. Tras el B, mantuvo transparencia, aumentando considerablemente el tono verdoso y amarillo.

Aquazol® 200 (A2): tras el envejecimiento tipo A mantuvo transparencia, aumentando la tonalidad verdosa y azul. Tras el B perdió también transparencia, si bien aumentando la tonalidad verdosa y amarilla.

Aquazol® 500 (A5): mantuvo la transparencia y el tono amarillo tornándose más rojo tras el envejecimiento tipo A. Tras el B, mantuvo la transparencia volviéndose más rojizo y azulado.

Fluoline® HY (FLU): tras el envejecimiento tipo A, mantuvo la transparencia y los tonos verde-azul. Tras el B mantuvo la transparencia y el tono azul, aumentando el rojo.

A partir de las coordenadas colorimétricas de los materiales tras los procesos de envejecimiento, se calculó el índice de amarilleo (YI) y la diferencia total de color (ΔE^*) respecto a las muestras patrón. El incremento de ambos valores además de ser un indicador del envejecimiento del material, es sin duda una propiedad no deseable en las intervenciones de consolidación.

En cuanto a los tratamientos de adhesión, señalar que en principio los cambios de color del polímero no serían visibles al quedar el adhesivo debajo de la porción de pintura¹⁰⁹³.

¹⁰⁹³ DOWN, J. L., McDONALD, M.A. TÉTREAUULT, J., WILLIAMS, R. S. *Op. cit.*, p. 19.

8.3.2.2. Índice de amarilleo (YI):

Los índices de amarilleo (YI), individuales de cada muestra, anteriores (Grupo 0) y posteriores a los programas de envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo), se recogen en la Tabla 57¹⁰⁹⁴. Igualmente, los valores medios y la desviación estándar (σ) se incluyen a continuación de estas, en la Tabla 58 y Fig. 309:

Tabla. 57. Índice de amarilleo (YI) muestras polímeros antes (0) y tras envejecimiento tipo A y B.

MUESTRA	YI 0	YI A	YI B
CEO 1P	24,83	26,40	15,37
CEO 2P	24,58	25,88	17,69
CEO 3P	24,00	25,94	17,94
GE01P	20,34	33,02	21,75
GE0 2P	20,37	32,97	20,72
GE0 3P	21,60	35,50	21,34
FU0 1P	35,51	50,71	27,43
FU0 2P	35,14	50,24	28,49
FU0 3P	37,40	48,72	28,27
JU0 1P	28,16	40,08	15,43
JU0 2P	25,60	40,27	17,47
JU0 3P	21,24	37,33	15,29
PV0 1P	8,43	8,97	8,64
PV0 2P	8,51	9,01	8,66
PV0 3P	9,12	10,00	8,18
MO 1P	57,73	65,94	67,63
MO 2P	61,65	64,78	70,32
MO 3P	62,95	58,12	77,85
PL0 1P	35,20	33,75	58,09
PL0 2P	31,14	34,05	58,99
PL0 3P	38,20	41,56	58,19
AC33 1P	20,89	21,40	38,21
AC33 2P	20,43	25,32	38,02
AC33 3P	22,26	26,23	37,32

MUESTRA	YI	YI A	YI B
MHEC 1P	14,02	13,27	9,84
MHEC 2P	13,24	12,92	10,05
MHEC 3P	13,91	13,53	10,04
KL0 1P	8,53	9,13	7,58
KL0 2P	9,12	8,98	7,66
KL0 3P	8,37	8,99	7,68
PA0 1P	9,22	8,87	7,22
PA0 2P	9,55	8,97	7,08
PA0 3P	9,22	8,23	7,20
PLE0 1P	8,06	8,16	8,40
PLE0 2P	8,26	8,24	8,40
PLE0 3P	8,17	8,04	8,72
BE0 1P	11,68	13,14	37,28
BE0 2P	12,03	13,08	48,64
BE0 3P	11,75	13,05	49,83
A2 1P	10,49	9,93	9,26
A2 2P	10,89	9,85	8,97
A2 3P	11,01	9,86	9,57
A5 1P	13,05	13,41	14,66
A5 2P	13,41	12,12	14,44
A5 3P	13,88	12,70	14,62
FLU0 1P	25,02	13,06	13,44
FLU0 2P	14,55	15,67	14,92
FLU0 3P	13,63	13,63	16,40

¹⁰⁹⁴ Ver punto 8.1.1.3.2.

Tabla. 58. Media aritmética índice de amarilleo (YI) y desviación estándar (σ) muestras antes y tras envejecimiento tipo A y B.

Producto	Media muestras Patrón 0	σ	Media muestras A (%HR Y T ^a)	σ	Media muestras B (%HR, T ^a Y UVA)	σ
CE	24,5	0,4	26,1	0,3	17	1,4
GE	20,8	0,7	33,8	1,5	21,3	0,5
FU	36,0	1,2	49,89	1,04	28,1	0,6
JU	25,0	3,5	39,2	1,6	16,1	1,2
PV	8,7	0,4	9,3	0,6	8,5	0,3
MOW	60,8	2,7	63,0	4,2	71,9	5,3
PLEX	34,9	3,6	36,5	4,4	58,4	0,5
AC	21,2	1,0	24,3	2,6	37,9	0,5
MHEC	13,7	0,4	13,2	0,3	9,98	0,1
KL	8,7	0,4	9,03	0,08	7,64	0,05
PA	9,3	0,2	8,7	0,4	7,17	0,08
PLE	8,2	0,1	8,2	0,1	8,5	0,2
BE	11,8	0,2	13,09	0,05	45,2	6,9
A2	10,8	0,3	9,88	0,04	9,3	0,3
A5	13,5	0,4	12,7	0,7	14,6	0,1
FLU	17,7	6,3	14,1	1,4	14,9	1,5

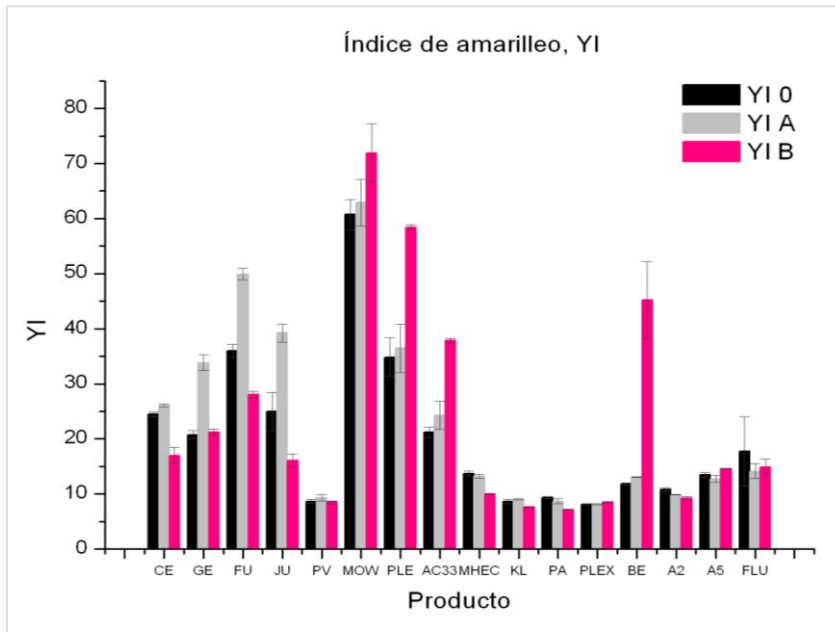


Fig. 309. Gráfico Media aritmética y desviación estándar (σ) índice de amarilleo (YI), antes (Patrón: 0) y después del envejecimiento tipo A y B.

En base a los resultados obtenidos y fijándonos en la Fig. 309, se aprecia la existencia de un grupo bastante estable a ambos procesos de envejecimiento formado por polímeros como el Plexisol® P550, el Klucel® G, el Gelvatol®, el Paraloid® B72, el Aquazol® 200 y 500, Tylose® MH 300P y el Fluoline® HY. Del mismo modo, observamos cómo algunos polímeros como el Mowilith® SDM5 mantienen un grado alto de amarilleo, otros con baja coloración como la Beva® 371, Acril® 33 y Plextol® B550, etc., amarillean considerablemente tras el envejecimiento tipo B, y otros, como la cola de esturión, el funori y JunFunori® amarillean tras el tipo A.

Tabla. 59. Diferencia absoluta y relativa % índice amarilleo (YI) patrón y muestras envejecidas ordenadas de menor a mayor.

%HR, T ^a (Tipo A)			HR, T ^a y UVA (Tipo B)		
Producto	Diferencia absoluta YI	Dif. Rel %	Producto	Diferencia absoluta YI	Dif. Rel %
FLU	-3,62	-20,39	JU	-8,94	-35,76
A2	-0,92	-8,47	FU	-7,95	-22,08
A5	-0,70	-5,23	CE	-7,47	-30,54
PA	-0,64	-6,85	MHEC	-3,75	-27,32
MHEC	-0,49	-3,54	FLU	-2,82	-15,88
PLE	-0,02	-0,21	PA	-2,16	-23,18
KL	0,36	4,19	A2	-1,53	-14,20
PV	0,64	7,35	KL	-1,03	-11,91
BE	1,27	10,71	PV	-0,19	-2,20
CE	1,60	6,55	PLE	0,34	4,22
PLEX	1,61	4,61	GE	0,50	2,41
MOW	2,17	3,57	A5	1,12	8,35
AC	3,13	14,75	MOW	11,16	18,36
GE	13,06	62,87	AC	16,66	78,61
FU	13,87	38,51	PLEX	23,57	67,64
JU	14,23	56,91	BE	33,43	282,80

Para hacer más visibles las variaciones de índice de amarilleo (YI) y realizar una interpretación pormenorizada, se calcularon las diferencias absolutas y relativas entre los distintos valores obtenidos, las cuales se incluyen en la Tabla 59¹⁰⁹⁵.

Según lo anterior, y al margen de la coloración inicial del polímero, podríamos deducir la estabilidad de dichos materiales. Así, tras el envejecimiento termohigrométrico (tipo A), incrementan notablemente el índice de amarilleo:

¹⁰⁹⁵ **Diferencia absoluta:** valor final de YI_f - valor inicial YI_i . Los valores negativos indican una disminución de YI y los positivos su aumento. **Diferencia relativa:** $(YI_f - YI_i) / YI_i \cdot 100$. Indica la estabilidad del material comparada consigo mismo.

la gelatina tipo B (62,87% en términos relativos), el JunFunori® (56,91%) y el Funori (38,51%), seguidos en menor escala por el Acril® 33, Beva® 371, Gelvatol®, cola de esturión, Plectol® B500, Klucel® G y Mowilith SDM5®. Al contrario, disminuyen este valor: el Fluoline® HY con un 20,39%, el Aquazol® 200, Paraloid® B72, Aquazol® 500, Tylose MH 300P® y Plexisol® P550.

Por su parte, frente al envejecimiento fotooxidativo y termohigrométrico (tipo B), aumentan el índice de amarilleo (YI) de mayor a menor en términos relativos: la Beva® 371 con un espectacular incremento del 282,80%, seguido del Acril® 33 (78,61%), Plectol® B500 (67,64%), Mowilith SDM5® (18,36%), y muy por debajo, el Aquazol® 500, Plexisol® P550 y gelatina tipo B. Disminuyen dicho índice el JunFunori® (35,76%), la cola de esturión (30,54%), Tylose MH 300P® (27,32%), Paraloid® B-72 (23,18%), Funori (22,08%), Fluoline® HY, Aquazol® 200, Klucel® G y Gelvatol®¹⁰⁹⁶.

Los datos, sugieren la existencia de algunos comportamientos no esperados dependiendo de las condiciones de envejecimiento. Por ejemplo, la cola de esturión, el Klucel® G, el Funori, el JunFunori® y el Gelvatol®, se decoloran con la luz, pero amarillean en su ausencia. El Aquazol® 500 y el Plexisol® P550 se comportan de forma contraria. La gelatina tipo B, la Beva® 371, el Plectol® B500, el Acril® 33 y el Mowilith® SDM5, aumentan el amarilleo con ambos tipos de envejecimiento y a la inversa, el Paraloid® B72, el Aquazol® 200, la Tylose® MH 300P y el Fluoline® HY, sufren un descenso del mismo.

Si comparamos algunos materiales análogos o de la misma familia, en términos absolutos, los resultados apuntan a que la gelatina tipo B amarillea más que la cola de esturión al ser expuesta a variaciones de HR y T^a (tipo A: 1,60 del CE frente a 13,06 del GE), si bien en el envejecimiento fotooxidativo y termohigrométrico (tipo B) ocurre lo contrario (-7,47 del CE frente a 0,50 del GE). No obstante, tras ambos programas de envejecimiento, los valores de amarilleo de la gelatina tipo B son mayores que los de la cola de esturión. El Funori tiene un índice de amarilleo mayor que su destilado JunFunori®, aunque este último presenta mayores variaciones que el anterior, denotando una menor estabilidad (Tabla 60). En el grupo de los éteres de celulosa, la Tylose MH 300P® parece mostrar un descenso del índice de amarilleo en ambos tipos de envejecimiento, frente al Klucel® G, con menor nivel de amarilleo que esta y una respuesta similar a la de la cola de esturión

¹⁰⁹⁶ Preparados con disolventes polares (acetona para el Paraloid® B-72 y agua desionizada para el resto). Fluoline® HY: acetona y butilacetato (media polaridad).

(aumenta con el A y disminuye con el B). Las emulsiones acuosas Mowilith® SDM5, Plextol® B500 y Acril® 33 (ordenadas por nivel de amarilleo), incrementan este valor tras el envejecimiento en general. El Acril® 33 presenta una mayor variación, en términos absolutos, tras el envejecimiento tipo A que el Plextol® B500 y viceversa (ver Tabla 60). En el tipo B, el Mowilith® SDM5 registró menores variaciones que las anteriores emulsiones acrílicas. Por su parte, el Aquazol® 500 responde de forma distinta al Aquazol® 200, incrementando el índice de amarilleo con el envejecimiento tipo B. No obstante, el Aquazol® 200 registró cambios mayores que el Aquazol® 500 en términos absolutos (ver Tabla 59).

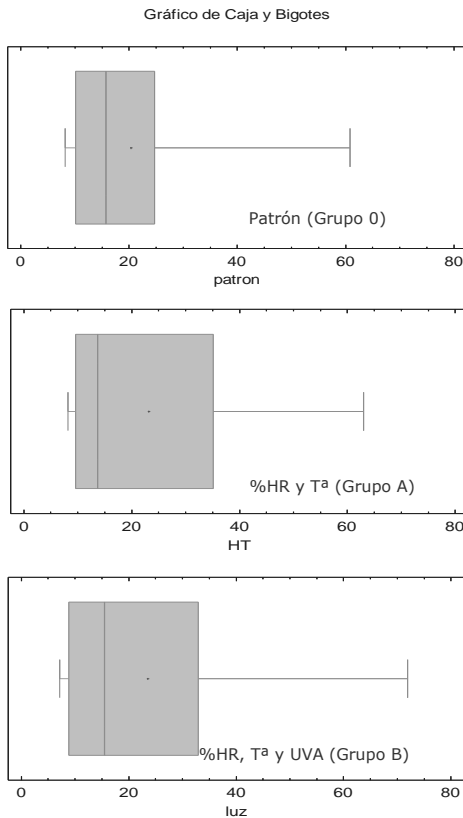


Fig. 310. Gráficos de caja y bigotes distribución YI muestras 0, A y B.

Teniendo en cuenta el propio nivel de YI de los *films* secos de polímeros y su respuesta a las condiciones de envejecimiento, podemos realizar además una clasificación general estableciendo un valor de referencia intermedio de $YI=20$ (rango de valores de YI de 7,2 a 71,9), en base a la distribución de los datos, al no hallarse ningún criterio en la bibliografía relacionado con bienes culturales.

Según demuestran los gráficos de caja y bigotes (Fig. 310), en la distribución de los resultados de las muestras patrón, el percentil por debajo de 20 es del 60%. Para las muestras sometidas a envejecimiento tipo A, el valor por debajo de 26 es del 65% y en el caso de las expuestas a envejecimiento tipo B, el valor por debajo de 21,27 es del 65,27%.

Tabla. 60. Clasificación creciente polímeros según el YI patrón y de muestras envejecimiento A y B.

	Patrón	Tipo A	Tipo B
<20	Plexisol® P550 Klucel® G Gelvatol® Paraloid® B-72 Aquazol® 200 Beva® 371 Aquazol® 500 Tylose® MH 300P Fluoline® HY	Plexisol® P550 Paraloid® B-72 Klucel® G Gelvatol® Aquazol® 200 Aquazol® 500 Beva® 371 Tylose® MH 300P Fluoline® HY	Paraloid® B-72 Klucel® G Gelvatol® Plexisol® P550 Aquazol® 200 Tylose® MH 300P Aquazol® 500 Fluoline® HY JunFunori® Cola de esturión
>20	Gelatina tipo B Acril® 33 Cola de esturión JunFunori® Plectol® B500 Funori Mowilith® SDM5	Acril® 33 Cola de esturión Gelatina tipo B Plectol® B500 JunFunori® Funori Mowilith® SDM5	Gelatina tipo B Funori Acril® 33 Beva® 371 Plectol® B500 Mowilith® SDM5

Teniendo en cuenta este parámetro, es posible establecer una clasificación de los productos utilizados ordenados de menor a mayor, tal y como se recoge en la Tabla anexa número 60.

8.3.2.3. Diferencia de color (ΔE^*):

El estudio de la diferencia de color (ΔE^*) entre las muestras patrón y envejecidas se realizó según ensayo CIE 1976¹⁰⁹⁷.

Tabla. 61. Diferencia de color (ΔE^*) tras envejecimiento A y B.

MUESTRA	$\Delta E^* A$	$\Delta E^* B$	MUESTRA	$\Delta E^* A$	$\Delta E^* B$	MUESTRA	$\Delta E^* A$	$\Delta E^* B$
CEO 1P	0,94	6,31	MO 2P	1,85	5,21	PA0 3P	6,36	5,94
CEO 2P	1,28	4,57	MO 3P	3,48	9,08	PLE0 1P	0,31	3,02
CEO 3P	1,19	4,17	PLO 1P	2,50	13,55	PLE0 2P	0,82	0,26
GE01P	8,23	0,91	PLO 2P	1,26	15,87	PLE0 3P	0,54	0,38
GE0 2P	8,68	0,18	PLO 3P	1,85	12,11	BE0 1P	1,20	17,19
GE0 3P	6,95	0,39	AC33 1P	6,71	9,90	BE0 2P	0,61	19,98
FU0 1P	10,38	5,27	AC33 2P	5,02	10,15	BE0 3P	1,24	20,32
FU0 2P	8,88	5,44	AC33 3P	5,24	9,36	A2 1P	0,56	0,89
FU0 3P	7,31	6,10	MHEC 1P	0,77	4,23	A2 2P	1,55	1,65
JU0 1P	8,08	7,95	MHEC 2P	0,36	5,72	A2 3P	1,44	1,46
JU0 2P	9,49	6,00	MHEC 3P	1,52	6,41	A5 1P	0,34	1,52
JU0 3P	10,63	4,44	KLO 1P	4,16	2,80	A5 2P	1,14	1,04
PV0 1P	1,68	1,85	KLO 2P	4,53	3,77	A5 3P	2,76	1,12
PV0 2P	0,98	0,66	KLO 3P	2,29	4,71	FLU0 1P	4,36	3,22
PV0 3P	2,00	2,63	PA0 1P	4,42	4,93	FLU0 2P	0,68	0,93
MO 1P	4,61	5,89	PA0 2P	5,49	5,03	FLU0 3P	1,29	2,58

Los resultados individuales de cada muestra se recogen en la Tabla 61, mientras que los datos promedio y desviación estándar se recogen en la Tabla 62 y plasman en la Fig. 311.

¹⁰⁹⁷ Ver punto 8.1.1.3.2.

8. Selección, estudio y testado de polímeros

Tabla. 62. Media aritmética y desviación estándar (σ) diferencia total de color ΔE^* muestras antes y tras envejecimiento tipo A y B.

Producto	Media muestras A (%HR Y T ^a)	σ	Media muestras B (%HR, T ^a Y UVA)	σ
CE	1,1	0,2	5	1,2
GE	8,0	0,9	0,5	0,4
FU	8,9	1,5	5,6	0,4
JU	9,4	1,3	6,1	1,8
PV	1,6	0,5	1,7	1,0
MO	3,3	1,4	6,7	2,1
PLEX	1,9	0,6	13,9	1,9
AC	5,7	0,9	9,8	0,4
MHEC	0,9	0,6	5,5	1,1
KL	3,7	1,2	3,8	1,0
PA	5,4	1,0	5,3	0,5
PLE	0,6	0,3	1,2	1,6
BE	1,0	0,4	19,2	1,7
A2	1,2	0,5	1,3	0,4
A5	1,4	1,2	1,2	0,3
FLU	2,1	1,0	2,2	1,2

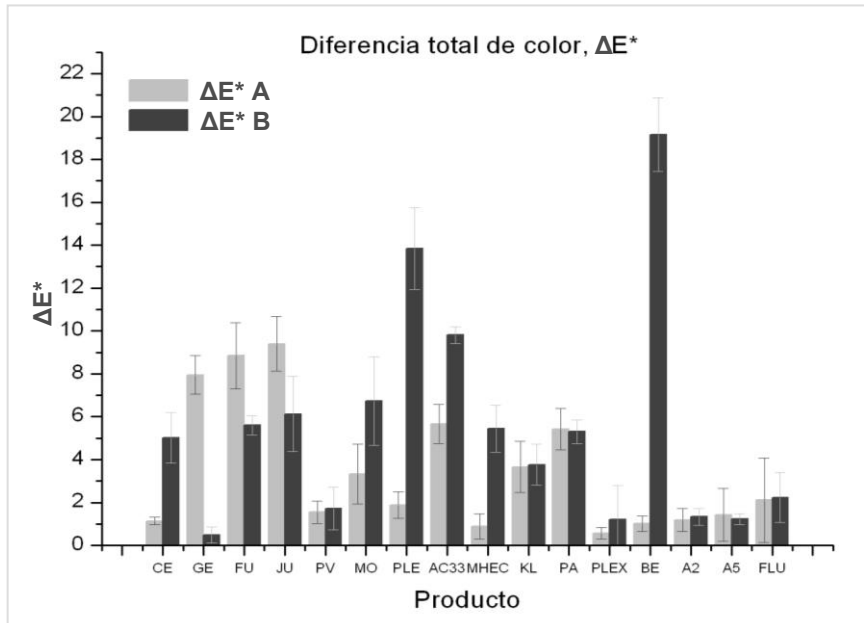


Fig. 311. Gráfico diferencia total de color ΔE^* y desviación estándar (σ) tras envejecimiento A y B.

Tabla. 63. Clasificación creciente polímeros $\Delta E^* < 2$ según envejecimiento A y B.

$\Delta E^* < 2$ %HR y T ^a (Tipo A)	$\Delta E^* < 2$ %HR, T ^a y UVA (Tipo B)
Plexisol® P550 Tylose MH 300P® Beva® 371 Cola de esturión Aquazol® 200 Aquazol® 500* Gelvatol®* Plextol® B500*	Gelatina tipo B* Plexisol® P550* Aquazol® 500 Aquazol® 200 Gelvatol®*
* Productos con alguna muestra superior a este valor	

Aunque la industria considera como aceptables aquellos valores menores a 3^{1098} , en el ámbito de los bienes culturales es mucho más exigente, ya que una diferencia de color aceptada estaría entre 1 y 2^{1099} . La Tabla anexa ha sido confeccionada tomando esta última cifra según la respuesta de los materiales frente al envejecimiento.

Según lo anterior, el Plexisol® P550, la Tylose MH 300P®, la Beva® 371, la cola de esturión, el Aquazol® 200, el Aquazol® 500, el Gelvatol® y el Plextol® B500 mostrarían una diferencia de color menor a 2 tras el envejecimiento termohigrométrico (tipo A). Del mismo modo, quedarían dentro de esta clasificación para el envejecimiento termohigrométrico y fotooxidativo (tipo B) la gelatina tipo B, el Plexisol® P550, el Aquazol® 500, Aquazol® 200 y el Gelvatol®. En definitiva, serían el Plexisol® P550, el Aquazol® 500 y 200, y el Gelvatol®, los materiales con menores diferencias de color considerando ambos programas de envejecimiento acelerado. A estos les sigue de cerca el Fluoline® HY (tendencia a englobar el polvo ambiental).

Al igual que ocurría al interpretar los resultados del cálculo del índice de amarilleo (YI), podemos intuir algunas tendencias. Las condiciones aplicadas en el envejecimiento termohigrométrico (tipo A) afectan claramente tanto a la gelatina, con una mayor respuesta, como al Paraloid® B72, al Aquazol® 500 y a ambos polisacáridos¹¹⁰⁰. Así, frente a la gelatina, y aún siendo ambos productos derivados de proteínas, la cola de esturión tiene un comportamiento inverso a esta al mostrar mayores diferencias de color tras su exposición al envejecimiento termohigrométrico y fotooxidativo (tipo B). La

¹⁰⁹⁸ SÁNCHEZ MUÑOZ, G. *Op. cit.* [Consulta: 23/06/11].

¹⁰⁹⁹ Cfr. VV.AA. "Open Studio e intervento di restauro su un'opera di Sironi". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 2008. Padova: Il Prato, 2009, p. 181.

¹¹⁰⁰ En el estudio anteriormente citado, el JunFunori® presenta una diferencia total de color (ΔE^*) mayor en el envejecimiento fotooxidativo. En las pruebas realizadas en la presente tesis, este valor es mayor con el envejecimiento termohigrométrico (tipo A). *Ibidem*.

Tylose MH 300P® parece ser menos estable a este tipo de envejecimiento que el Klucel® G¹¹⁰¹.

Así mismo, los valores de ΔE^* de los polisacáridos son mayores que los obtenidos para la proteica cola de esturión. Y los de esta, menores que los del Plextol® B500 tras 360h de envejecimiento. Situación contraria a los resultados de los estudios difundidos en el congreso de 2008 del Cesmar7¹¹⁰². Esto nos hace pensar por un lado en el tiempo de almacenaje y modo de preparación de estos productos como variable a tener en cuenta, y por otro en la distinta influencia de las variables de envejecimiento aplicadas¹¹⁰³.

En las siguientes imágenes (Fig. 312-315), podemos apreciar las curvas y bandas de % reflectancia difusa en la región visible (380 a 750 nm) antes y después del envejecimiento del JunFunori® y Beva® 371, con cambios evidentes, frente a las del Aquazol® 200 y 500, con menores diferencias.

Si comparamos las curvas de reflectancia difusa del JunFunori®, vemos cómo tras el envejecimiento termohigrométrico, se observa un ascenso en progresión creciente de las componentes violeta, azul, verde, amarillo y naranja, predominando la dominancia del rojo (620-750 nm), así como una pérdida de transparencia. Tras el envejecimiento fotooxidativo y termohigrométrico, se ha producido un descenso de la luz reflejada por la muestra, lo cual es compatible con un descenso del nivel de transparencia.

¹¹⁰¹ Respecto al Klucel® G, se han obtenido diferencias de color similares en ambos programas de envejecimiento con una pequeña tendencia a aumentar esta diferencia en el programa fotooxidativo y termohigrométrico (tipo B). Las investigaciones publicadas en 2009 mostraban una mayor sensibilidad al envejecimiento fotooxidativo, estando disuelto el polímero en etanol. Cfr. VV.AA. "Studio per la caratterizzazione chimico-fisica dei consolidanti. Valutazione della variazione delle proprietà chimico-fisiche con l'invecchiamento artificiale di undici adesivi, di origine naturale e sintetica, comunemente utilizzati come consolidanti nel restauro di beni storico-artistici". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 2008. Padova: Il Prato, 2009, p. 28.

¹¹⁰² La diferencia total de color (ΔE^*) de los polisacáridos estaba muy por debajo de la de la cola de esturión. A su vez, la de este último producto, era similar a la del Plextol® B500 tras su exposición a envejecimiento fotooxidativo. *Ibid.*, pp. 28-29.

¹¹⁰³ El funori fue preparado a partir de películas secas previamente tratadas. El JunFunori® fue preparado según las indicaciones del fabricante.

Comparando las curvas de las muestras envejecidas de la Beva® 371, vemos cómo se produce una disminución de la luz reflejada hasta llegar a una longitud de onda cercana a los 570 nm, predominando e incluso aumentando las componentes amarillo, naranja y rojo, y el brillo ligeramente.

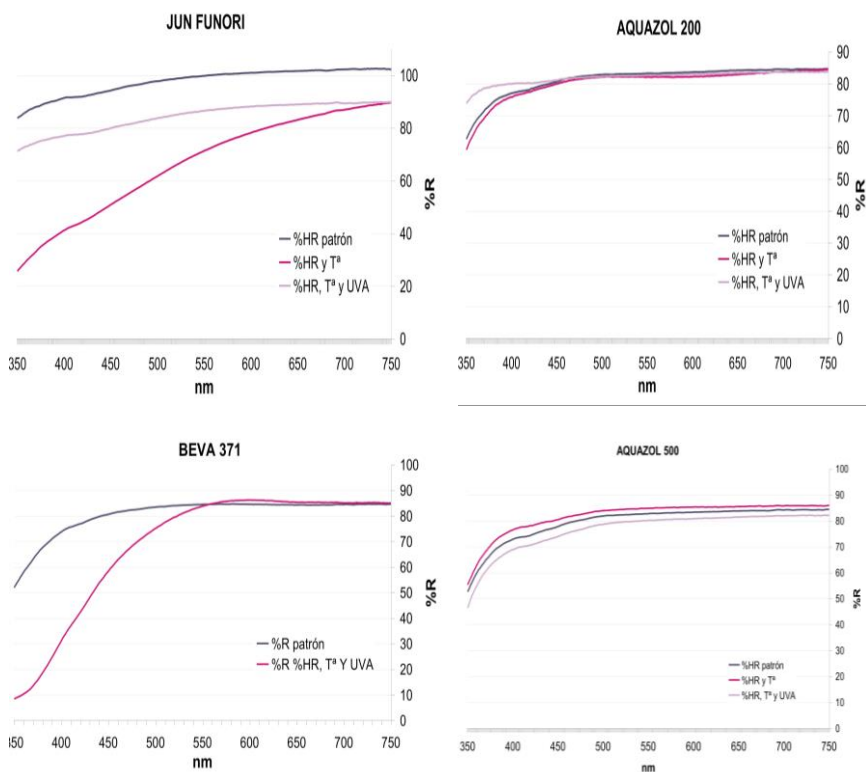


Fig. 312, 313, 314 y 315. Curvas reflectancia difusa JunFunori®, Aquazol® 200, Beva® 371 Aquazol® 500 antes (Patrón: 0) y después del envejecimiento tipo A y B.

Tras el envejecimiento termohigrométrico (tipo A), la curva de reflectancia difusa del Aquazol® 200 presenta una disminución de la componente violeta y azul junto a un descenso del brillo; mientras que tras el envejecimiento fotooxidativo y termohigrométrico, muestra un aumento de la luz reflejada en dichas longitudes de ondas, con predominancia del verde, amarillo, naranja y rojo. Por su parte, el Aquazol® 500 presenta una curva prácticamente paralela a la curva patrón tras el envejecimiento tipo A, indicando un aumento de la luz reflejada, lo cual podría interpretarse como un aumento de

coloración o de brillo. Por contra, tras el envejecimiento tipo B, se produce una disminución de la luz reflejada.

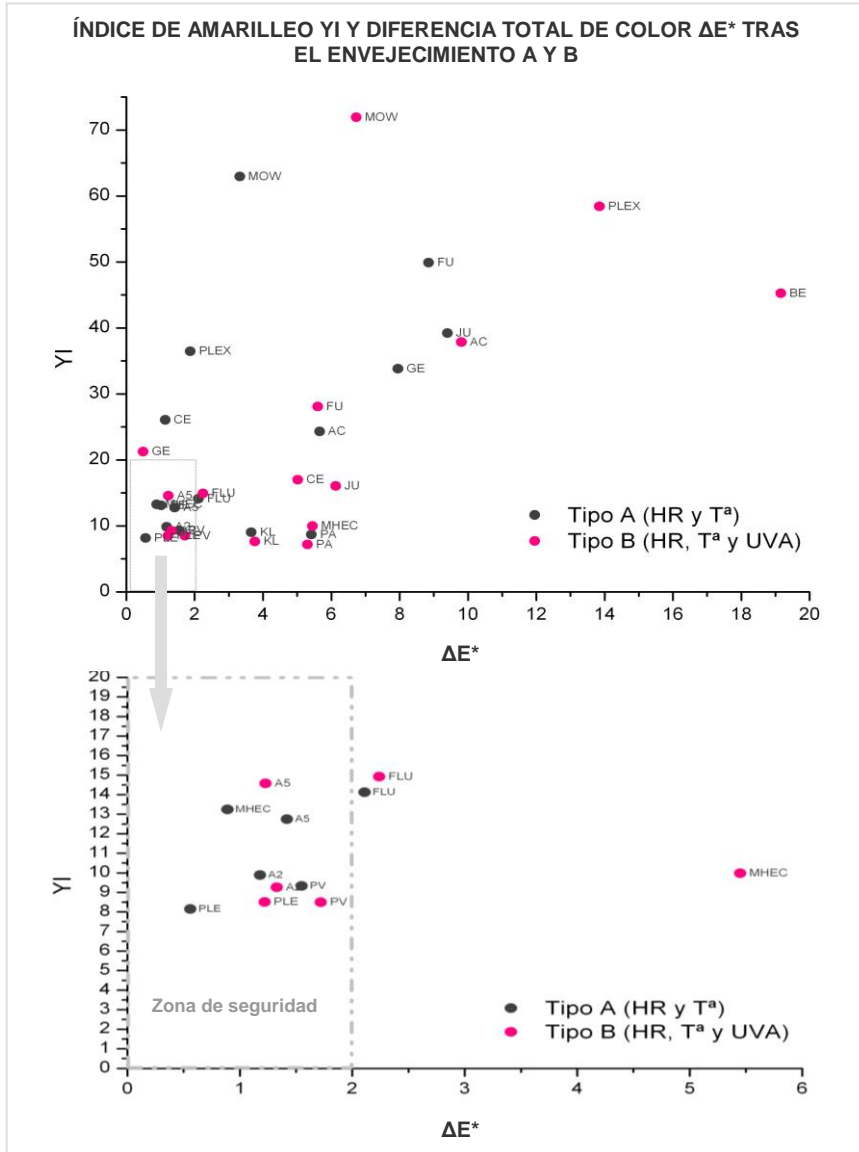


Fig. 316. Índice de amarilleo YI y diferencia total de color ΔE^* tras el envejecimiento tipo A y B.

De los resultados anteriores índice de amarilleo (YI) - diferencia de color (ΔE^*), recogidos en la Fig. 316, se extraen varias conclusiones generales. Una de ellas es que la gran mayoría de polímeros se vieron afectados por los ciclos de envejecimiento menores a 400h, mostrando cambios en ambos valores. Estos, respondieron de forma distinta según el tipo de condiciones de envejecimiento acelerado, describiendo algunas tendencias de comportamiento. Por lo tanto, podríamos deducir una mayor o menor estabilidad que nos ayudaría en la selección de los materiales teniendo en cuenta el emplazamiento futuro de las obras intervenidas (expuestas o en almacenes).

No todos los productos amarillaron por exposición a la suma del envejecimiento termohigrométrico y fotooxidativo (tipo B), pues encontramos casos en los que este incremento se produjo tras la exposición al envejecimiento tipo A (termohigrométrico): cola de esturión, gelatina tipo B, JunFunori®, funori, Gelvatol® y Klucel® G. De igual forma, se hallaron mayores diferencias de color tras este programa, en la gelatina tipo B, en el JunFunori®, funori, Aquazol® 500 y Paraloid® B72.

En conjunto, tal y como queda reflejado en la Fig. 316 (zona de seguridad), los materiales que presentan tanto un valor bajo ($YI < 20$), como una menor variación (en términos relativos) del índice de amarilleo, junto a unas variaciones de color pequeñas ($\Delta E^* < 2$), frente a ambos programas de envejecimiento (Tipo A: termohigrométrico y B: fotooxidativo y termohigrométrico) son: el Plexisol® P550, el Aquazol® 500, el Gelvatol® y el Aquazol® 200. Y por tanto, serían considerados como aptos.

¿Quiere decir esto que el uso del resto de materiales debe descartarse? No, quiere decir que el uso de estos materiales garantizaría unos resultados aceptables dentro de un rango de seguridad. Esto es, en aquellos casos en los que las condiciones ambientales y lumínicas estuvieran fuera de los parámetros establecidos en conservación preventiva.

No obstante debemos realizar diversas matizaciones a esta afirmación. En primer lugar, es necesario tener en cuenta a aquellos materiales cuya estabilidad está ligada al tipo de envejecimiento. Por ejemplo, cabe destacar los resultados aceptables (por debajo de un 10% de variación en términos relativos y $\Delta E^* < 2$), obtenidos tras el programa tipo A (termohigrométrico) por el Plexisol® P550, la Tylose® MH 300P, el Plextol® B500, el Aquazol® 500, la cola de esturión, el Gelvatol® y el Aquazol® 200, seguidos de cerca por la Beva® 371 ($\Delta E^* < 2$ y variación 10,71% YI). Materiales a los que se unen al Mowilith® SDM5, el Klucel® G y el Paraloid® B72, los cuales dieron una

variación de amarilleo aceptable pero quedaron excluidos al aplicar la clasificación de diferencia total de color $\Delta E^* < 2$ debido a diversas variaciones de luminosidad y tono (ver Tabla 62 y 63. Fig. 316)¹¹⁰⁴. El Fluoline® HY, con una variación de un 20,39% de YI y un $\Delta E^* = 2,11$ quedó fuera de esta clasificación.

Entendiendo el incremento del amarilleo y de la diferencia total de color (ΔE^*) como características negativas, destacar, aparte de los ya mencionados, la gran sensibilidad a estas condiciones (oscilaciones de humedad y temperatura y ausencia de luz) de polímeros naturales como la gelatina tipo B (variación YI=62,87% y $\Delta E^* = 7,95$), el JunFunori® (YI =56,91% y $\Delta E^* = 9,40$) y funori (YI=38,51% y $\Delta E^* = 8,85$), cuya utilización en principio debiera cuestionarse en ausencia de condiciones de exposición correctas y largos almacenajes en la oscuridad. El adhesivo Acril® 33 tampoco destacó por su buen comportamiento (ver Tablas 59 y 61).

Del mismo modo, tras el programa de envejecimiento tipo B, el Gelvatol®, la gelatina tipo B, el Plexisol® P550 y el Aquazol® 500 fueron clasificados como aceptables, seguidos por el Aquazol® 200. El Fluoline® HY y el Klucel® G no superaron la criba de la variación de color ni la del Índice de amarilleo YI aun presentando valores próximos (ver Tablas 59 y 61).

No sería muy recomendable el uso de la Beva® 371 como consolidante para obras expuestas sin control ambiental y lumínico debido a la variación de un 282,80% de YI y al $\Delta E^* = 19,16$, ni tampoco el de otros polímeros sintéticos empleados como tales, puesto que al tratarse de adhesivos, formarían películas de material sobre estratos con pigmentos de tipo fino a medio (ver Tabla 29 y 30): Acril® 33, Plextol® B500 o el Mowilith® SDM5, que es el que tiene el grado de amarilleo más alto de todos seguido del Plextol® B500, Beva® 371 y Acril® 33 (ver Tabla 50 y 61).

Algunos polímeros naturales empleados indistintamente como adhesivos y consolidantes, ordenados por su nivel de amarilleo intermedio menor que el de los anteriores productos, como el funori (variación de 22,08% YI y $\Delta E^* 5,60$), JunFunori® (35,76% YI y $\Delta E^* 6,13$) o la cola de esturión (30,54% YI y $\Delta E^* 5,02$), mostraron cambios significativos que los apartaron de la

¹¹⁰⁴ El Mowilith® SDM5 aumenta la tonalidad rojiza, el Klucel® G pierde transparencia, mantiene tono verde y aumenta el azul. El Paraloid® B72 se hace más opaco y aumenta el tono verde y azul.

clasificación de aceptables, al igual que el semisintético Tylose® MH 300P o los sintéticos Paraloid® B72 o Aquazol® 200. De acuerdo con estos datos su utilización en obras expuestas a condiciones no controladas (tipo B), debiera vigilarse.

De acuerdo con lo aportado, podríamos seleccionar los materiales dependiendo del tipo de condiciones ambientales adversas empleando como modelos las condiciones de los programas tipo A y B. Es decir, oscilaciones termohigrométricas en interiores con ausencia de luz u oscilaciones termohigrométricas con iluminación UVA sin filtrar. Teniendo en cuenta estos resultados, ampliaríamos algo más la lista de materiales calificados como seguros.

¿Qué ocurre entonces con los polímeros descartados tras una u otra interpretación, entre los que se encuentran materiales como el Fluoline® HY, la cola de esturión o el Funori y JunFunori® tan útiles y valorados por sus características en el tratamiento de capas pictóricas de acabado mate?

Al respecto, cabe realizar una segunda matización referida a la función del polímero y a la del sistema de aplicación. Pues, debemos tener en cuenta que para estudiar el comportamiento óptico de los distintos polímeros se han formado *films* continuos de un determinado grosor aplicando filtros de clasificación de elevada exigencia, lo cual como veremos no corresponde exactamente a la realidad del polímero al ser introducido en la obra tras la intervención.

Es decir, como vimos en los capítulos anteriores, un consolidante, a menos que haya sido aplicado incorrectamente, no debe formar un film continuo como un barniz, sino más bien una red tridimensional, con lo cual, cabría esperar que estos debieran tener un menor impacto óptico tras su aplicación sobre la obra que los señalados en el estudio. Sin embargo, cabría ser cuidadoso con aquellos materiales que dieron resultados muy negativos como la Beva® 371.

Pensemos además, que mediante sistemas de aplicación de consolidantes como la nebulización por ultrasonidos permiten además del tratamiento de superficies pulverulentas, el control de la penetración reduciendo los cambios ópticos de brillo y variaciones de color.

Por contra, sí formarán un *film* los adhesivos, quedando situados por debajo del estrato a fijar. Esto significa que, si la intervención se realizó correctamente, los cambios ópticos de color no debieran afectar ópticamente a las capas tratadas, con excepción de aquellas porosas, traslúcidas.

En general, en el caso de los adhesivos, la variación de color o amarilleo no debiera preocupar en la selección del material, primando la función adhesiva del polímero. Recordemos que muchos de los productos que han dado resultados negativos corresponden a la categoría de los adhesivos y no a la de los consolidantes: Plextol® B500, Acril® 33, Mowilith® SDM5 o Beva® 371¹¹⁰⁵.

La tercera matización sería la de que efectivamente existiera un control de las condiciones ambientales y lumínicas, en este caso podemos pensar que los cambios serán más leves, pudiendo emplear todos los materiales de un modo seguro siempre y cuando se apliquen correctamente.

8.3.3. Medida del brillo:

Con motivo de evaluar la variación del brillo de las muestras secas de polímeros antes y después de someterlas a los programas de envejecimiento A y B, se procedió a realizar una medición del brillo. Una característica tan importante como la del amarilleo o la variación de color, a tener muy en cuenta sobre todo en los consolidantes y medios empleados para reintegración cromática.

En primer lugar se realizó una medición general a 60° a fin de clasificar la totalidad de los materiales en función de su brillo inicial (patrón), la cual queda recogida en la Fig. 317. Posteriormente se utilizó una geometría de 20° para aquellos que superaban un valor de 70 GU según norma UNE-EN ISO 2313 (cola de esturión, gelatina, Gelvatol®, Klucel® G, Paraloid® B72, Acril® 33, Aquazol® 200 y 500, Plexisol® P550): ver Fig. 318¹¹⁰⁶.

Según la categorización ejemplificada por Elías y Sindaco, podemos realizar la clasificación general del brillo inicial a 60° de los materiales testados (ver Tabla 49). Los valores obtenidos se recogen en la Tabla nº 64¹¹⁰⁷.

¹¹⁰⁵ Aunque se ha empleado indistintamente en los dos tipos de tratamientos, la Beva® 371, ha demostrado comportarse mejor como adhesivo.

¹¹⁰⁶ Las mediciones a 60° permiten lecturas de brillo sobre el rango completo, siendo mediciones de referencia. Si superan los 70 GU deben realizarse a 20°. AENOR. UNE-EN ISO 2813. *Op. cit.*, p. 5.

¹¹⁰⁷ Norma AFNOR citada por: ELIAS, M., SINDACO, C. *Op. cit.*, p. 88.

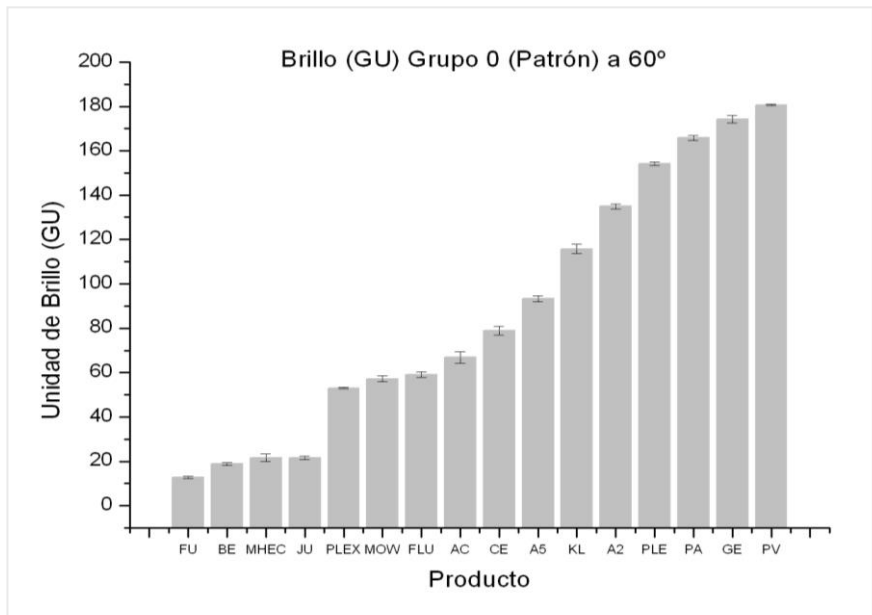


Fig. 317. Gráfico Brillo (GU) ascendente a 60° y desviación estándar (σ) Patrón.

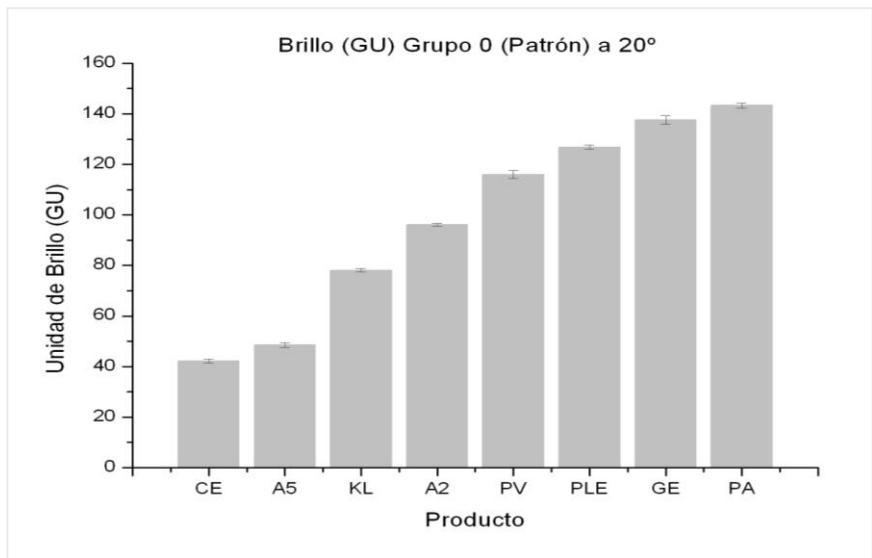


Fig. 318. Gráfico Brillo (GU) ascendente a 20° y desviación estándar (σ) Patrón.

Tabla. 64. Media aritmética brillo 60° y 20° (GU) y desviación estándar (σ). Patrón.

Prod.	60° (GU)	σ	Prod.	20° (GU)	σ
FU	12,8	0,4	-	-	
BE	18,8	0,7	-	-	
MHEC	21,5	1,7	-	-	
JU	21,6	0,8	-	-	
PLEX	53,0	0,4	-	-	
MOW	57,2	1,4	-	-	
FLU	59,1	1,2	-	-	
AC	66,8	2,5	-	-	
CE	79	2,0	CE	42,2	0,7
A5	93,2	1,4	A5	48,5	0,9
KL	115,7	2,1	KL	78,1	0,7
A2	134,9	1,1	A2	96,1	0,5
PLE	154,0	0,7	PV	116,0	1,6
PA	165,8	1,1	PLE	126,8	0,9
GE	174,2	1,7	PA	137,5	1,7
PV	180,7	0,4	GE	143,3	1,0

Tabla. 65. Clasificación muestras patrón brillo a 60°.

Categoría/Polímero	Brillo a 60°
Brillante	> 70 (GU)
Cola de esturión	79
Aquazol® 500	93,2
Klucel® G	115,7
Aquazol® 200	134,9
Plexisol® P550	154,0
Paraloid® B-72	165,8
Gelatina tipo B	172,2
Gelvatol®	180,7
Satinado-brillante	45-70 (GU)
Plextol® B500	53,0
Mowilith® SDM5	57,2
Fluoline® HY	59,1
Acril® 33	66,8
Satinado-medio	20-45 (GU)
Tylose MH 300P®	21,5
JunFunori®	21,6
Mate-Satinado	10-20 (GU)
Funori	12,8
Beva® 371	18,8
Mate	< 10 (GU)

Como queda reflejado en la Tabla 64 y 65, entre los polímeros que producen películas de mate-satinado encontramos en primer lugar el Funori y la Beva® 371. La Tylose® MH 300P y el JunFunori® dan acabados de tipo satinado-medio, mientras que el Plextol® B500, Mowilith® SDM5, Fluoline® HY y Acril® 33 y se situarían en un escalón intermedio (satinado-brillante), para abrir paso a los productos con acabados brillantes.

En orden creciente, estos serían: la cola de esturión, el Aquazol® 500, el Klucel® G, el Aquazol® 200, el Plexisol® P550, el Paraloid® B-72, la gelatina tipo B y el Gelvatol® con el acabado más brillante.

Hay que decir que el Tylose® MH 300P, el funori y la cola de esturión forman películas más brillantes en la zona de contacto con el vidrio de las probetas que en la parte superior.

Las mediciones realizadas con geometría de 20° para los polímeros brillantes (>70 GU a 60°), revelaron un orden similar a la clasificación del brillo a 60° con la correspondiente escala, si bien, este varió para los que tenían un nivel de brillo superior: Gelvatol®, Paraloid® B72, Plexisol® P550 y gelatina tipo B.

Dicha variación podría deberse a la presencia de defectos superficiales, tales como burbujas o depósitos procedentes del secado de los polímeros. Debido a que la medición con geometría de 20° proporciona una mayor resolución, tomaremos estos resultados como referencia en la clasificación sobre los obtenidos a 60° para estos cuatro materiales.

Tras el estudio del brillo inicial de los polímeros ensayados, se procedió a realizar la evaluación de los cambios sufridos tras el envejecimiento acelerado. Puesto que para realizar las mediciones de brillo en ambos programas de envejecimiento se utilizaron dos grupos de muestras, cada uno de ellos presenta un valor de brillo inicial y final. Los valores promedio obtenidos y la desviación estándar (σ) pueden consultarse en la Tabla 66, mientras que su representación gráfica corresponde a las Fig. 319-320.

Tabla. 66. Brillo 60° y 20°, y desviación estándar (σ) polímeros antes y tras envejecimiento A (termohigrométrico) y B (termohigrométrico y fotooxidativo).

Prod.	60°/20° A (GU)	σ	60°/20° AE (GU)	σ	60°/20° B (GU)	σ	60°/20° BE (GU)	σ
FU	13,6	0,5	10,9	1,2	12,1	0,1	14,2	2,3
JU	21	0,8	19,9	0,7	22,2	0,2	23,6	2,5
MOW	57,5	1,7	96,4	3,0	56,9	0,4	112,9	2,7
PLEX	53,4	0,5	71,9	2,0	52,7	0,2	91,3	2,3
AC	66,1	3,2	84,2	3,1	67,6	0,3	113,1	2,3
MHEC	21,4	1,7	19	0,7	21,7	0,1	11,9	1,7
BE	18,5	1,2	13,7	2,3	19,1	0,1	38	1,8
FLU	59,3	1,5	65,2	2,6	58,9	0,2	55,5	2,4
CE	44,1	0,6	29,7	0,5	43,8	0,6	64,6	1,1
GE	122,4	0,9	110,9	0,8	122,8	0,6	125,9	1,9
PV	117,3	1,7	98,9	1,2	117,3	1,7	97,4	2,0
KL	87,3	2,5	46,3	2,1	86,8	0,9	78,4	1,9
PA	143,4	1,3	69,1	1,5	143,4	1,3	10	0,6
PLE	127,2	1,7	100	1,5	126,4	1,5	97,6	2,0
A2	96,1	1,4	48,1	3,3	95,7	2,2	100,5	2,0
A5	48,5	0,9	54,8	2,0	47,2	1,8	33,6	2,6

La Tabla 67 muestra los resultados de los cálculos de diferencia absoluta y relativa correspondientes a las variaciones de brillo las muestras antes y después de su envejecimiento acelerado. Gracias a estos datos podemos interpretar la estabilidad de los materiales¹¹⁰⁸.

¹¹⁰⁸ **Diferencia absoluta:** valor final de B_f - valor inicial B_i . Los valores negativos indican una disminución de brillo (GU) y los positivos su aumento. **Diferencia relativa:** $(B_f - B_i / B_i) \cdot 100$. Indica la propia estabilidad del material.

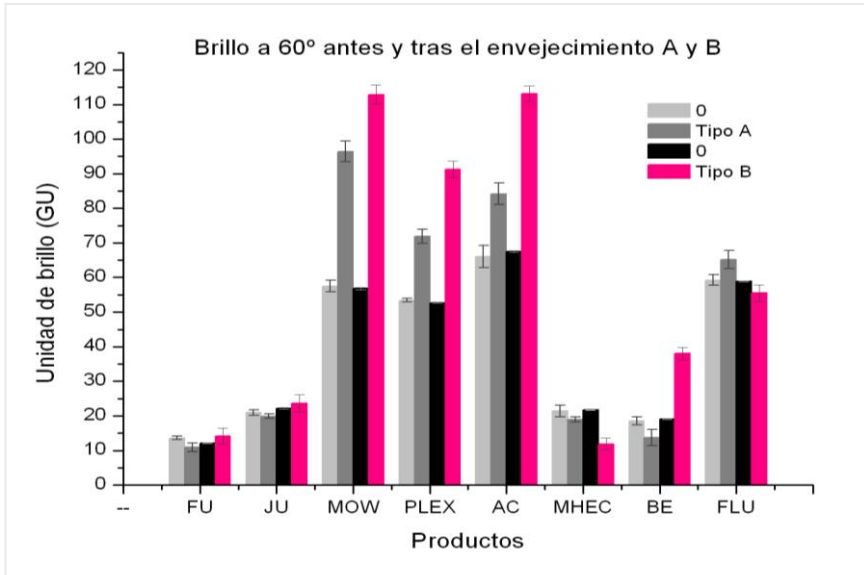


Gráfico. 319. Brillo 60° (GU) inicial (0) y tras envejecimiento A (termohigrométrico) y B (termohigrométrico y fotooxidativo).

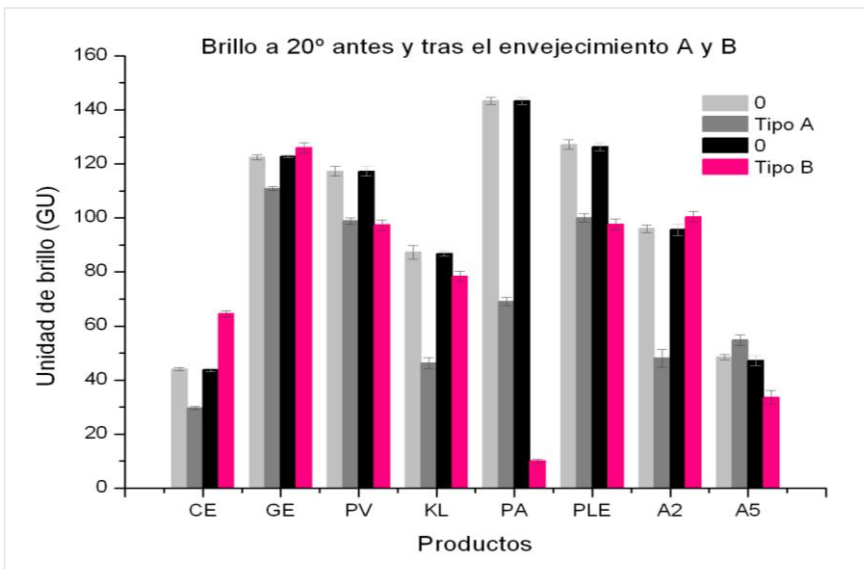


Gráfico. 320. Brillo 60° (GU) inicial (0) y tras envejecimiento A (termohigrométrico) y B (termohigrométrico y fotooxidativo).

En base a los resultados (ver Tabla 67, Fig. 319 y 320), se observa que tras el envejecimiento tipo A, han incrementado el brillo en términos relativos los adhesivos Mowilith® SDM5 (con un notable 67,7%), Plextol® B500 (34,6%), Acril® 33 (27,4%), del Aquazol® 500 y seguidos en menor proporción del Fluoline® HY.

Tabla. 67. Diferencia absoluta (clasificación) y relativa % brillo 60°/20° antes y después envejecimiento A y B.

Prod.	Diferencia tras E.A. 60° (GU)	Diferencia relativa A. 60° (GU %)	Prod.	Diferencia tras E.B. 60° (GU)	Diferencia relativa B. 60° (GU %)
BE	-4,8	-25,9	MHEC	-9,8	-45,2
FU	-2,7	-19,9	FLU	-3,4	-5,8
MHEC	-2,4	-11,2	JU	1,4	6,3
JU	-1,1	-5,2	FU	2,1	17,4
FLU	5,9	9,9	BE	18,9	99,0
AC	18,1	27,4	PLEX	38,6	73,2
PLEX	18,5	34,6	AC	45,5	67,3
MOW	38,9	67,7	MOW	56	98,4
Prod.	Diferencia tras E.A. 20° (GU)	Diferencia relativa A. 20° (GU %)	Prod.	Diferencia tras E.B. 20° (GU)	Diferencia relativa A. 20° (GU %)
PA	-74,3	-51,8	PA	-133,4	-93,0
A2	-48	-49,9	PLE	-28,8	-22,8
KL	-41	-47,0	PV	-19,9	-17,0
PLE	-27,2	-21,4	A5	-13,6	-28,8
PV	-18,4	-15,7	KL	-8,4	-9,7
CE	-14,4	-32,7	GE	3,1	2,5
GE	-11,5	-9,4	A2	4,8	5,0
A5	6,3	13,0	CE	20,8	47,5

Lo han disminuido de forma evidente el Paraloid® B72 (51,8%), el Aquazol® 200 (49,9%), el Klucel® G (47%), la cola de esturión (32,7%), la Beva® 371 (25,9%), seguidos del Plexisol® P550, funori, Gelvatol®, Tylose® MH 300P, gelatina tipo B y JunFunori®.

El envejecimiento tipo B ha provocado un aumento del brillo en polímeros como la Beva® 371, con un 99% en términos

relativos, el Mowilith® SDM5 (98,4%), Plextol® B500 (73,2%), Acril® 33 (67,3%) y cola de esturión (47,5%). Les siguen con cambios menores el funori, JunFunori®, Aquazol® 200 y gelatina tipo B. Con cambios relevantes han sufrido un descenso del nivel de brillo tras el envejecimiento fotooxidativo y termohigrométrico (tipo B): el Paraloid® B72 con un 93% y la Tylose® MH 300P (45,2%). En menor grado han descendido esta característica el Aquazol® 500, Plexisol® P550, Gelvatol®, Klucel® G y Fluoline® HY.

Podemos concluir diciendo que tras ambos programas de envejecimiento, todos los polímeros han mostrado cambios de brillo en mayor o menor grado en términos relativos (Fig. 319 y 320). Según esto, el Mowilith® SDM5, Plextol® B500 y Acril® 33 tienen tendencia a incrementarlo, mientras que la Tylose® MH 300P, Paraloid® B72, Klucel® G, Plexisol® P550 y Gelvatol®, lo disminuyen.

Con una respuesta distinta al tipo de envejecimiento encontramos al funori, JunFunori®, Aquazol® 200, Beva® 371, cola de esturión y gelatina tipo B, los cuales muestran un descenso de este valor tras el envejecimiento tipo A y un aumento en el B. El Fluoline® HY y el Aquazol® 500, presentan un comportamiento inverso.

En general, las mayores variaciones de brillo en términos relativos se han producido tras el envejecimiento tipo B, excepto de forma evidente para el Aquazol® 200 (-49,9% frente a 5,0%) y Klucel® G (47% frente a un -9,7%), Fluoline® HY (9,9% frente a 5,8%), funori (19,9% frente a 17,4%) y gelatina (-9,4% frente a 2,5%), más sensibles al envejecimiento tipo A (Tabla 68).

Para algunos polímeros como el Paraloid® B72, Tylose® MH 300P y Aquazol® 500, la disminución de brillo ha sido mucho más acentuada en el envejecimiento tipo B (fotooxidativo y termohigrométrico) que en el tipo A (termohigrométrico), posiblemente debido a la formación de burbujas superficiales. El Mowilith® SDM5, Plextol® B500 y Acril® 33 mostraron un mayor aumento de brillo tras su exposición al envejecimiento B que al A.

Si hablamos de la estabilidad o resistencia de los materiales frente a la variación del brillo inicial, podemos ver que independiente de su nivel de brillo, los polímeros que sufren menos cambios en términos relativos tras someterlos al programa de envejecimiento termohigrométrico (tipo A) con valores inferiores al 10% son: el JunFunori®, la gelatina tipo B y el Fluoline® HY¹¹⁰⁹. A estos, les seguiría el funori con variaciones del 19,9% en términos relativos y pequeños cambios, en términos absolutos.

De igual modo, estos materiales mostraron ser los más resistentes al envejecimiento termohigrométrico y fotooxidativo (tipo B), y por tanto, los más estables en términos generales. Este hecho los hace muy interesantes en su función como consolidantes y de forma concreta si nos referimos al el JunFunori® para el tratamiento de capas pictóricas de acabado mate o el Fluoline® HY en aquellas mate a satinado.

En general, puede decirse que los cambios de brillo no han sido significativos quedando la mayoría de polímeros en la misma categorización de brillo inicial¹¹¹⁰, exceptuando materiales como el Mowilith® SDM5, el Plextol® B500

¹¹⁰⁹ En términos absolutos, el JunFunori® ha registrado menores variaciones que el funori. También la gelatina tipo B cambia menos que la cola de esturión.

¹¹¹⁰ Cambios por formación de irregularidades, burbujas, grietas para el mateado y fundidos o aplanados para el aumento de brillo.

y el Acril® 33 que pasan de satinado-brillante a brillante, la Beva 371® al pasar de mate-satinado a satinado medio, el Paraloid® B72, Aquazol® 200 o Klucel® G, mateando debido a la formación de burbujas o incrementando la rugosidad superficial.

La información de brillo inicial y de estabilidad puede ser de gran ayuda en la selección del polímero en función del acabado de la pintura a consolidar e incluso a la hora de emplear estos materiales como aglutinantes en reintegración cromática. Al igual que ocurría con los valores de índice de amarilleo (YI) y diferencia total de color (ΔE^*), la característica del brillo no determina la selección de los polímeros con función adhesiva.

Tal y como señalamos, el sistema de aplicación puede garantizar un bajo impacto óptico en las superficies tratadas. Un buen ejemplo de ello lo constituye el uso del nebulizador por ultrasonidos en el tratamiento de estratos pulverulentos. Mención aparte, es el tema del incremento del brillo producido por el nivelado o aplanado de los polímeros termoplásticos bajo la acción de la temperatura (ej. espátula caliente o plancha y película de poliéster siliconado), con el cual debemos ser cuidadosos.

8.3.4. Medida del pH:

Según el punto 8.1.1.5, los cambios de pH pueden ser un síntoma de la degradación del polímero, siendo una característica no deseable para productos en contacto directo con los materiales constitutivos de las obras.

Tabla. 68. Media pH superficie polímeros antes y después del envejecimiento tipo A y B.

Producto	pH 0	σ	pH A	σ	pH B	σ	pH B	σ
CE	5,75	0,02	6,24	0,04	5,75	0,01	5,9	0,06
GE	5,58	0,01	5,38	0,01	5,55	0,05	5,37	0,07
FU	9,62	0,02	9,37	0,1	9,63	0,01	9,01	0,06
JU	7,51	0,03	6,25	0,3	7,56	0,01	6,2	0,3
PV	6,07	0,03	6,45	0,01	6,04	0,01	6,57	0,08
MOW	3,27	0,06	5,01	0,11	3,2	0,1	5,2	0,3
PLEX	5,13	0,03	6,39	0,25	5,16	0,05	5,1	0,7
AC	5,48	0,02	6,3	0,2	5,47	0,01	6,2	0,2
MHEC	5,10	0,02	5,79	0,1	5,11	0,01	5,23	0,09
KL	5,21	0,01	5,6	0,2	5,21	0,02	5,89	0,12
PA	5,85	0,01	5,83	0,02	5,85	0,01	5,70	0,02
PLE	6,17	0,02	6,11	0,06	6,14	0,04	5,97	0,05
BE	5,55	0,02	6,67	0,02	5,56	0,03	5,12	0,18
A2	6,96	0,01	7,20	0,02	6,96	0,02	6,53	0,2
A5	6,16	0,06	7,46	0,02	6,17	0,06	6,95	0,11
FLU	5,91	0,05	6,9	0,4	5,94	0,05	8,23	0,14

Siguiendo la misma metodología que en las mediciones de brillo, las medidas de pH parten de dos juegos de muestras, por lo que se obtuvieron dos medidas iniciales y dos finales según el tipo de envejecimiento, tal y como se aprecia en la siguiente imagen (Fig. 321).

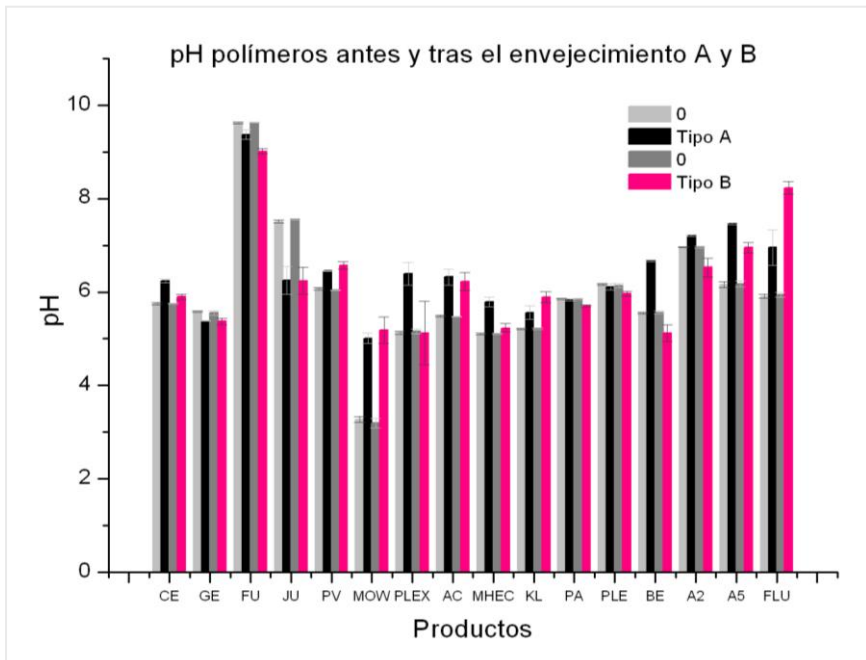


Fig. 321. pH polímeros antes y después del envejecimiento termohigrométrico (AE) y fotooxidativo y termohigrométrico (BE).

Con motivo de evaluar dichos cambios se midió el pH en superficie de las muestras. Estos valores quedan recogidos en la Tabla 69 y Fig. 321.

Tal y como puede comprobarse, el polisacárido funori posee el pH inicial más básico, seguido del JunFunori® y Aquazol® 200 próximos a un valor neutro. Cercanos a un pH de 6, se encuentran el Plexisol® P550, Aquazol® 500, Gelvatol®, Fluoline® HY y Paraloid® B72.

Aumentando un poco más la acidez, tenemos la cola de esturión, la gelatina tipo B, Beva® 371, el Acril® 33, Klucel® G, Plectol® B500, Tylose® MH 300P y por último, el Mowilith® SDM5 con una acidez por debajo de pH 4.

Tabla. 69. Diferencia absoluta (clasificación) y relativa % pH inicial y tras envejecimiento tipo A y B.

Prod.	Diferencia pH tras E.A.	Diferencia relativa % tras E.A.	Prod.	Diferencia pH tras E.B.	Diferencia relativa % tras E. B.
CE	0,49	8,52	CE	0,15	2,61
GE	-0,2	-3,58	GE	-0,18	-3,24
FU	-0,25	-2,60	FU	-0,62	-6,44
JU	-1,26	-16,78	JU	-1,32	-17,46
PV	0,38	6,26	PV	0,53	8,77
MOW	1,74	53,21	MOW	1,98	61,88
PLEX	1,26	24,56	PLEX	-0,04	-0,78
AC	0,84	15,33	AC	0,75	13,71
MHEC	0,69	13,53	MHEC	0,12	2,35
KL	0,35	6,72	KL	0,68	13,05
PA	-0,02	-0,34	PA	-0,15	-2,56
PLE	-0,06	-0,97	PLE	-0,17	-2,77
BE	1,12	20,18	BE	-0,44	-7,91
A2	0,24	3,45	A2	-0,43	-6,18
A5	1,3	21,10	A5	0,78	12,64
FLU	1,04	17,60	FLU	2,29	38,55

La Tabla 69 recoge las variaciones y cálculos de estabilidad sufridos tras el envejecimiento.

Observamos como tras 360 horas de envejecimiento se han variado los niveles de pH iniciales. El Mowilith® SDM5, Klucel® G, Tylose® MH 300P, cola de esturión, Acril® 33, Plextol® B500, Gelvatol®, Beva® 371, Fluoline® HY y el Aquazol® 500 y 200, se han vuelto más

básicos al ser expuestos al envejecimiento tipo A. Y se han tornado más ácidas, la gelatina, el Paraloid® B-72, el Plexisol® P550, el funori y en un mayor grado, el JunFunori®.

A diferencia del anterior, el envejecimiento tipo B ha producido la disminución de la acidez del Mowilith® SDM5, Klucel® G, Tylose® MH 300P, cola de esturión, Acril® 33, Gelvatol®, Aquazol® 500 y Fluoline® HY. Así mismo, aumenta la acidez en la Beva® 371, Plextol® B500, gelatina tipo B, Paraloid® B-72, Plexisol® P550, Aquazol® 200 y los derivados de algas funori y JunFunori®, siendo en este último producto un hecho muy visible.

Puede decirse por tanto, que los polímeros de proteínas ensayados tienen una respuesta diferente ante ambos tipos de envejecimiento. Por un lado, la cola de esturión parece tener una tendencia a hacerse más neutra, mientras que la gelatina tipo B se vuelve más ácida al descender el valor del pH. El polisacárido Funori y su derivado JunFunori®, se comportan del mismo modo, si bien, el Funori es muchísimo más básico. El JunFunori® parte de un valor cercano a la neutralidad volviéndose más ácido con ambos tipos de envejecimiento. Por su parte, los éteres de celulosa (polímeros semisintéticos) Klucel® G y Tylose® MH 300P tendieron a hacerse más neutros alcanzando valores cercanos a 6.

Respecto a los polímeros sintéticos: Plextol® B500, Beva® 371 y Aquazol® 200, responden de modo distinto aumentando o disminuyendo su pH según el programa de envejecimiento. Este último producto se torna más ácido que el Aquazol® 500, el cual incrementa el valor de pH tras su envejecimiento (mismo polímero pero con distinto peso molecular).

Las emulsiones acrílicas Plextol® B500 y Acril® 33 mostraron una tendencia a hacerse neutras, si bien, el Plextol® se hizo más ácido tras el envejecimiento tipo B.

Según la Tabla 70, los productos que más varían su pH indistintamente al valor inicial en términos absolutos son el Fluoline® HY, Beva® 371, JunFunori®, Plextol® B500, Aquazol® 500 y Mowilith® SDM5 para el programa de envejecimiento termohigrométrico (tipo A) y el JunFunori®, Mowilith® SDM5 y Fluoline® HY para el envejecimiento termohigrométrico y fotooxidativo (tipo B).

Dependiendo del tipo de envejecimiento y a tenor de las menores variaciones ($\leq 0,5$), los materiales que pueden considerarse más estables son el Paraloid® B72, Plexisol® P550, gelatina tipo B, funori, Klucel® G, Gelvatol® y cola de esturión para el tipo A (termohigrométrico). Para el tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo), esta clasificación correspondió al Plextol® B500, Tylose® MH 300P, Paraloid® B72, cola de esturión, Plexisol® P550, gelatina tipo B, Aquazol® 200 y Beva® 371.

En general, independientemente del tipo de pH inicial y del tipo de envejecimiento, los polímeros que mostraron menores cambios de pH ($\leq 0,5$), son: Paraloid® B72, Plexisol® P550, gelatina tipo B y cola de esturión.

Los resultados obtenidos en el ensayo de **pH en superficie**, muestran variaciones de este valor en todos los productos tras someterlos a ambos tipos de envejecimiento acelerado de 360 horas de duración.

Estas variaciones, en términos absolutos, son mínimas en la mayoría de polímeros, si bien el JunFunori®, el Mowilith® SDM5, Aquazol® 500 y el Fluoline® HY mostraron las mayores variaciones en los dos tipos de programas. Esto sugiere que dichos materiales, pudieran ser más susceptibles de sufrir con mayor rapidez alteraciones físico-químicas que el resto de materiales ensayados en las mismas condiciones.

A excepción del Funori que es básico, el resto de polímeros ensayados posee valores de pH de tipo ácido. Sin embargo, tras el envejecimiento tipo

B, el Fluoline® HY llega a un pH 8,23 haciéndose básico. El producto inicialmente más ácido es el Mowilith® SDM5 (pH 3,2). Tras el envejecimiento, los valores de mayor acidez alrededor de 5, son para dicho adhesivo y para el Plextol® B500.

Según Cremonesi, el intervalo de seguridad de pH de una solución acuosa utilizada en la limpieza de una superficie policroma, debe estar entre 5 y 9, puesto que en condiciones extremadamente básicas o ácidas pueden llegar a alterar los materiales constitutivos (solubilización de gesso con pH inferior a 5)¹¹¹¹.

En base a esta afirmación, podríamos establecer este mismo principio para los consolidantes y adhesivos aplicados en intervenciones de estabilización, los cuales permanecen en contacto directo con los materiales integrantes de las obras. Así entendemos que para el establecimiento de dicho valor debe tenerse en cuenta el pH de los estratos a estabilizar.

En esta línea Down, Maureen, McDonald, Tétréault y Scott Williams señalan que si un adhesivo en contacto con un objeto es demasiado ácido o demasiado alcalino puede acelerar su deterioro. Por tanto, los adhesivos más adecuados para la restauración son los que tienen un pH neutro y aquellos que mantienen este valor tras el envejecimiento. No obstante, dichos autores establecieron un rango de pH aceptable para la mayoría de materiales de entre 5,5 y 8¹¹¹².

De acuerdo con lo expuesto, por su pH inicial en superficie, quedarían descartados por su basicidad el Funori (9,6) y por su acidez el Mowilith® SDM5 (3,2). Rozando el valor de 5,5, aunque sin alcanzarlo, se sitúa el Plextol® B500, Acril® 33, el Tylose® MH 300P y el Klucel® G.

Los productos que mantienen los valores de seguridad tras el envejecimiento tipo A son el Klucel® G, Tylose® MH 300P, Paraloid® B72, Plexisol® P550, cola de esturión, JunFunori®, el Acril® 33, Plextol® B500, Gelvatol®, Beva® 371, Fluoline® HY, Aquazol® 200 y 500. Quedarían fuera de esta

¹¹¹¹ CREMONESI, P. *L'uso dei solventi organici nella pulitura di opere policrome*. Padua: Ed. Il Prato, 2000, p. 39.

¹¹¹² Cabrá vigilar cuáles son las condiciones de estabilidad de los estratos tratados. DOWN, J. L., *et Al.*, *Op. cit.*, pp. 13-14.

clasificación el Mowilith® SDM5 (pH 5,01), la gelatina tipo B (5,38) y el funori (9,37).

Tabla. 70. Clasificación polímeros según rango de pH entre 5,5 y 8.

Muestra	Producto	pH.
Sin envejecer	Beva® 371	5,55
	Gelatina tipo B	5, 58
	Cola de esturión	5, 8
	Paraloid® B72	5,85
	Fluoline® HY	5,91
	Gelvatol®	6,07
	Aquazol® 500	6,16
	Plexisol® P550	6,17
	Aquazol® 200	6,96
	JunFunori®	7,51
%HR y T ^a (tipo A)	Klucel® G	5,56
	Tylose® MH 300P	5,79
	Paraloid® B72	5,83
	Plexisol® P550	6,11
	Cola de esturión	6,24
	JunFunori®	6,25
	Acril® 33	6,32
	Plectol® B500	6,39
	Gelvatol®	6,45
	Beva® 371	6,67
	Fluoline® HY	6,96
	Aquazol® 200	7,2
	Aquazol® 500	7,46
%HR, T ^a y UVA (tipo B)	Paraloid® B72	5,7
	Klucel® G	5,89
	Cola de esturión	5,9
	Plexisol® P550	5,97
	Aquazol® 500	6,17
	Acril® 33	6,22
	JunFunori®	6,24
	Aquazol® 200	6,53
Gelvatol®	6,57	

Del mismo modo, tras el envejecimiento Tipo B fueron clasificados como aceptables algunos productos como el Paraloid® B72, Klucel® G, cola de esturión, Plexisol® P550, Aquazol® 500 y 200, Acril 33, JunFunori®, Tylose® MH 300P, la cola de esturión, el, el JunFunori® y Gelvatol®. Rozando un pH de 5,5.

Excluidos de esta categorización por los valores alcanzados, estarían la gelatina tipo B (5,37), Tylose® MH 300P (5,23), Mowilith® SDM5 (5,18), Beva® 371 (5,12) y Plectol® B500 (5,12), junto al básico funori (9,01). Ver Tabla 70.

Teniendo en cuenta que probablemente los materiales más expuestos al envejecimiento tipo B, sean los consolidantes, en líneas generales y considerando ambos programas, estaría en entredicho el uso del funori debido a su basicidad, debiendo vigilarse el uso de materiales que superan los niveles de seguridad tras el envejecimiento en general (ej. gelatina tipo B). Volviendo al tema del

funori, cabría testar el pH cada vez que se prepara, ya que puede variar según la partida o el tiempo de almacenaje del alga seca.

Finalmente, señalar que el método de medida del pH en superficie de las películas secas de polímeros puede darnos una información a largo plazo, complementaria a otras pruebas como la de emisiones volátiles, pH de la disolución, y otros sistemas de medición de la acidez o alcalinidad de estos materiales.

8.3.5. Grosor de las muestras:

A fin de realizar los cálculos correspondientes en las pruebas mecánicas de esfuerzo-deformación (punto 8.1.3.6), fue necesario medir el grosor de las muestras patrón (envejecimiento 0), junto al de las muestras envejecidas (tipo A y B), según establece la norma UNE-EN ISO 1896 y 2808 y en modo indicado en el punto 8.1.2.6.

La tabla anexa (Tabla 71), recoge el promedio de las mediciones realizadas en cada muestra, junto a la desviación estándar de dichas medidas.

A simple vista podemos observar cómo algunos polímeros en emulsión, tales como el Plectol® B500, Acril® 33 y Mowilith® SDM5, forman films comparativamente más gruesos que otros como el funori, JunFunori®, Klucel® G, Tylose® MH 300P, Beva® 371, cola de esturión, gelatina, etc., los cuales son significativamente menores en comparación.

Tabla. 71. Grosor medio *films* polímeros muestras envejecimiento 0, y envejecimientos Tipo A y B.

Polímero	Envej.	Grosor (μm)	σ	Grosor (mm)
FU	0	14,36	1,63	0,1436
	A	13,10	1,56	0,1310
	B	13,79	2,01	0,1379
JU	0	5,62	0,45	0,0562
	A	5,16	0,76	0,0516
	B	4,91	0,56	0,0491
CE	0	54,52	1,61	0,5452
	A	49,80	1,34	0,4980
	B	53,81	1,87	0,5381
GE	0	58,03	1,40	0,5803
	A	57,20	2,23	0,5720
	B	56,98	1,89	0,5698
MHEC	0	13,06	0,48	0,1306
	A	16,49	0,59	0,1649
	B	14,12	0,51	0,1412
KL	0	12,72	0,53	0,1272
	A	14,61	0,78	0,1461
	B	15,23	0,67	0,1523
PV	0	23,72	1,58	0,2372
	A	26,51	1,34	0,2651
	B	25,40	1,76	0,2540
A2	0	81,06	2,03	0,8106
	A	84,78	2,23	0,8478
	B	82,91	2,34	0,8291
A5	0	85,13	2,72	0,8513
	A	83,20	2,23	0,8320
	B	85,79	2,45	0,8579
PLE	0	72,48	2,82	0,7248
	A	72,20	2,69	0,7220
	B	71,07	2,17	0,7107
PLEX	0	112,56	3,14	1,1256
	A	109,40	2,92	1,0940
	B	110,20	3,27	1,1020
AC	0	122,47	3,25	1,2247
	A	119,30	3,45	1,1930
	B	123,12	2,93	1,2312
MOW	0	108,98	2,64	1,0898
	A	110,01	2,90	1,1001
	B	109,20	2,89	1,0920
BE	0	10,37	0,32	0,1037
	A	9,23	0,48	0,0923
	B	8,98	0,44	0,0898
PA	0	78,98	1,52	0,7898
	A	80,03	1,45	0,8003
	B	79,13	1,41	0,7913
FLU	0	17,46	0,55	0,1746
	A	18,20	0,36	0,1820
	B	17,33	0,57	0,1733

8.3.6. Comportamiento mecánico:

A fin de evaluar las propiedades mecánicas de los polímeros antes y después de su envejecimiento, las muestras fueron sometidas a **ensayos de esfuerzo-deformación**. A través de estas curvas se obtuvieron datos como el módulo de elasticidad E, la fluencia 0% y 10%, la tenacidad y la tensión y alargamiento de la probeta en la rotura, los cuales proporcionaron información sobre la rigidez, tenacidad y resistencia de dichos materiales. Para ello, se aplicaron las fórmulas correspondientes obteniendo un valor promedio de las cinco muestras testadas y su desviación estándar¹¹¹³.

8.3.6.1. Módulo de elasticidad (E):

Los resultados correspondientes al módulo de elasticidad E (Fig. 322 y Tabla 72), mostraron que los materiales más rígidos, quebradizos y resistentes antes de envejecer, con módulos de 2.114,19 a 1.162,54 MPa, son la Tylose® MH 300P, la gelatina tipo B, la cola de esturión, el JunFunori® y el Paraloid® B72. Este grupo se halla formado por un polímero semisintético (MHEC), por tres polímeros naturales y por un copolímero acrílico de MA/EMA. La gelatina tipo B parece ser más rígida y resistente que la cola de esturión y el funori más elástico que su derivado purificado JunFunori®. Según Down, MacDonald, Tétreault y Scott Williams, estos materiales podrían clasificarse como semiflexibles, si bien, la gelatina superaría este límite mostrando un comportamiento de transición hacia el vítreo¹¹¹⁴.

Según los límites establecidos por estos autores, aquellos polímeros amorfos con un módulo E inferior a 400 MPa tendrían un comportamiento flexible. En esta situación y con un módulo E entre 401,7 y 104, 2 MPa, se encontrarían el funori, el Gelvatol®, el Aquazol® 500, el Klucel® G, el Plexisol® P550 y el Aquazol® 200. Por debajo de esta cifra y con menor rigidez que los anteriores (25,38 y 0,86 MPa), se sitúan algunos polímeros como la Beva® 371, el Acril® 33, el Fluoline® HY, el Plextol® B500 y por último, el Mowilith® SDM5.

¹¹¹³ Cfr. VV.AA. "Comparazione degli effetti meccanici di alcuni consolidanti per i dipinti su tela". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, pp. 186-187. DOWN, J. L., McDONALD, M.A. TÉTREAUULT, J., WILLIAMS, R. S. *Op. cit.*, pp. 19-20. AENOR. UNE-EN ISO 1896. *Op. cit.*, p. 8.

¹¹¹⁴ Semiflexibles a partir de 400 MPa y hasta los 2000 MPa. *Ibidem*.

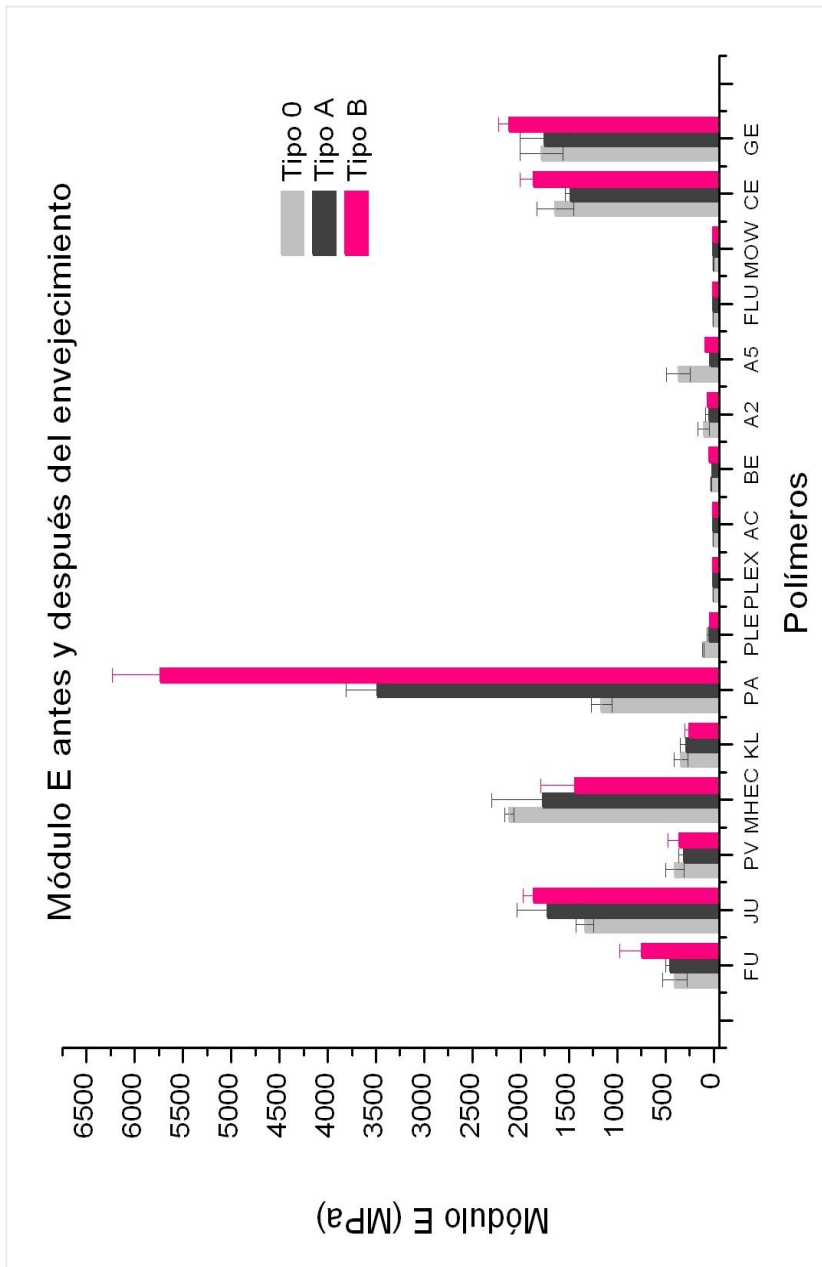


Fig. 322. Gráfico Módulo E y desviación estándar (σ) antes y después del envejecimiento.

¿Pero qué ocurre con este valor tras someter a las muestras a envejecimiento acelerado? A fin de interpretar los cambios producidos se calculó la diferencia absoluta y relativa (ver Tabla 72)¹¹¹⁵.

Tabla. 72. Clasificación decreciente Módulo E, desviación estándar (σ) y tipo de envejecimiento tipo A y B.

Prod.	σ 0 (MPa)	σ	Prod.	σ Tipo A (MPa)	σ	Prod.	σ Tipo B (MPa)	σ
MOW	0,9	0,2	MOW	1,3	0,1	MOW	0,8	0,2
PLEX	1,4	0,4	PLEX	1,3	0,2	FLU	1,7	0,1
FLU	2,2	0,2	FLU	2,1	0,2	AC	4,1	1,2
AC	4,3	1,9	AC	2,2	0,3	PLEX	5,8	4,8
BE	25,4	5,9	BE	16,5	5,6	PLE	35,8	10,6
A2	104,2	56,9	A5	29,9	10,9	BE	40,7	4,6
PLE	108,8	8,1	A2	40,7	40,6	A2	60,4	6,6
KL	336,5	69,9	PLE	43,23	23,06	A5	84,5	8,4
A5	363,46	122,05	KL	283,2	63,5	KL	250,6	46,7
PV	400,3	94,4	PV	302,9	59,8	PV	353,1	116,9
FU	401,79	127,01	FU	452,6	41,0	FU	740,3	236,5
PA	1.162,5	107,3	CE	1.484,7	51,4	MHEC	1.435,5	352,7
JU	1.331,5	90,0	JU	1.724,1	312,0	CE	1.861,6	144,0
CE	1.637,3	192,0	GE	1.753	255,3	JU	1.866,2	105,3
GE	1.783	222,3	MHEC	1.767,2	530,3	GE	2.113,5	115,8
MHEC	2.115	46,7	PA	3.486,5	319,3	PA	5.727,5	502,4

Hasta 400 MPa flexibles, de 400 MPa a 2000 MPa semi-flexibles, de 2000 MPa a 3GPa vítreos.

Tras el envejecimiento termohigrométrico (tipo A) aumentaron su Módulo E volviéndose más rígidos el Paraloid® B72 con un más que considerable cambio relativo hacia el estado vítreo de un 199,91%, el Mowilith® SDM5 con un 44,4%, y en menor grado, el JunFunori® y funori. Los productos que registraron los menores cambios fueron la gelatina tipo B (1,68%), el Fluoline® HY, Plectol® B500, la cola de esturión y el funori. Ver Tabla 73.

El resto, disminuyeron este valor aumentando su flexibilidad (<2.000 MPa). Denotando una menor estabilidad, destacan el Aquazol® 500 con una variación negativa del 91,77%, el Aquazol® 200 (60,93%) y el Plexisol® P500 (60,25%), seguidos del Acril® 33 y Beva® 371.

¹¹¹⁵ **Diferencia absoluta:** $E_F - E_I$. **Diferencia relativa:** $(E_F - E_I / E_I) \cdot 100$.

Tabla. 73. Diferencia absoluta (clasificación) y relativa % Módulo E inicial y envejecimiento A y B.

Prod.	Diferencia Módulo E (MPa) E.A.	Diferencia Relativa % E.A.	Diferencia Módulo E (MPa) E.B	Diferencia Relativa % E.B
MOW	0,40	44,4	-0,10	-11,11
PLEX	-0,10	-7,14	4,44	314,29
FLU	-0,10	-4,55	-0,46	-21,35
AC	-2,08	-47,84	-0,21	-4,65
BE	-8,87	-34,97	15,31	60,24
A2	-63,49	-60,93	-43,84	-42,07
PLE	-65,54	-60,25	-73,01	-67,12
KL	-53,30	-15,84	-85,87	-25,52
A5	-333,55	-91,77	-279,01	-76,76
PV	-97,42	-24,34	-47,18	-11,79
FU	50,83	12,65	338,52	84,25
PA	2.324,02	199,91	4.564,99	392,67
JU	392,57	29,48	534,62	40,15
CE	-152,62	-9,32	224,28	13,70
GE	-29,95	-1,68	330,56	18,54
MHEC	-347,04	-16,41	-678,73	-32,10

0 (sin envejecer), A (envejecimiento %HR y T^a),
B (envejecimiento %HR, T^a y UVA)

Según la Tabla 73, tras el envejecimiento fotooxidativo y termohigrométrico (tipo B), aumentaron de forma exagerada su módulo E y su rigidez, evidenciando una menor estabilidad: el Paraloid® B72 con un 392,67%, el Plextol® B500 con un 314,29%, el funori (84,25%), la Beva® 371 (60,33%), y el JunFunori® (40,15%), seguidos por la gelatina y la cola de esturión.

Los demás materiales disminuyeron este valor mostrando una tendencia a hacerse más flexibles. Dicha disminución ha sido elevada en el Aquazol® 500 con una variación relativa del 76,76%,

Plexisol® P550 con un 67,12% y Aquazol® 200 (42,07%), seguida por la Tylose® MH 300P, Klucel® G y Fluoline® HY. Los productos que registraron los menores cambios y una mayor estabilidad fueron el Acril® 33, Mowilith® SDM5 y Gelvatol®.

Al observar las Tablas anteriores, nos llama la atención que polímeros teóricamente con tendencia a hacerse más rígidos como el Plexisol® P550 se encuentren en la categoría de los polímeros flexibles (módulos E por debajo de 400 MPa). Esto puede deberse a que las muestras todavía conservaran parte del solvente al haber sido almacenadas entre hojas de poliéster monosiliconado.

En general, podemos decir que los polímeros naturales registran junto al éter de celulosa Tylose® MH 300P y al Paraloid® B72, los módulos E más elevados¹¹¹⁶. Tras el envejecimiento el Paraloid® B72 evidencia un cambio hacia el comportamiento vítreo. La cola de esturión y la gelatina están entre

¹¹¹⁶ Por su versatilidad, las colas de polisacáridos y proteínas, pueden utilizarse tanto como adhesivos como consolidantes.

los materiales que modifican menos esta propiedad, aunque con variaciones significativas en %.

El funori aumenta el módulo E, si bien este cambio se produce en mayor grado tras su exposición al envejecimiento tipo B con una variación relativa del 84,25% frente al 12,65% tras el tipo A. Su versión purificada JunFunori®, de por sí mucho más rígida, aumenta su módulo al envejecer, aunque al igual que el anterior, se torna más quebradiza con el envejecimiento tipo B con un 40,15% que con el A (29,48%). En términos absolutos, tras el envejecimiento el funori presenta variaciones menores que el JunFunori®.

La cola de esturión y gelatina, disminuyen este valor tras el envejecimiento tipo A, aumentándolo tras el B. En términos relativos ambas son más sensibles a este último programa de envejecimiento acelerado.

Los éteres de celulosa modificados Tylose® MH 300P y Klucel® G tienen un comportamiento mecánico distinto, aunque ambos disminuyen el módulo E tras su envejecimiento. En términos relativos se producen mayores cambios tras el tipo B que tras el tipo A. La Tylose® MH 300P forma *films* más rígidos y resistentes que el Klucel® G, con *films* notablemente más flexibles.

Respecto a los polímeros sintéticos, el alcohol polivinílico Gelvatol® mostró una rigidez un poco mayor que el Klucel® G, la cual disminuye tras ambos tipos de envejecimiento, mostrando una mayor sensibilidad al tipo A. El Paraloid® B72 (copolímero acrílico MA/EMA) mostró una evidente mayor rigidez que los copolímeros de EA/MMA Acril® 33 y Plextol® B500, con un importante incremento de esta tras ambos tipos de envejecimiento, siendo el más rígido en general. Este comportamiento correspondería a la evaporación del solvente y a la desaparición de su efecto plastificante, quedando la resina, que es rígida.

Los módulos E obtenidos con las películas secas de Plexisol® P500 (homopolímero acrílico de nBMA), fueron menores que los del Paraloid® B72. Su disminución del orden del 60,25% y del 67,12% tras el envejecimiento pudiera ser engañosa ya que se esperaba una tendencia a incrementar la rigidez tras la pérdida total de disolvente, lo que indica que todavía lo conservaba¹¹¹⁷. En ambos productos se han producido cambios mayores con el envejecimiento tipo B (Tabla 72 y 73, Fig. 322).

¹¹¹⁷ WOLBERS, R. *Op. cit.*, p. 117.

El copolímero de vinilacetato Mowilith® SDM5 manifestó una conducta mucho más flexible que el elastómero Fluoline® HY alcanzando los módulos más bajos de todos los polímeros testados antes y después del envejecimiento. Por su parte, en términos relativos, el Mowilith® SDM5 ha mostrado una marcada y opuesta mayor sensibilidad al envejecimiento tipo A con una diferencia del 52,98% frente al 1,61% en el tipo B.

Junto a los dos productos anteriores, los copolímeros de EA/MMA Acril® 33 y Plextol® B500 son los materiales más flexibles antes y después del envejecimiento. Aunque tienen un comportamiento distinto al ser expuestos al envejecimiento tipo B (el Plextol® B500 se hace más rígido que el Acril® 33), al tratarse de adhesivos potenciales tendremos más en cuenta el envejecimiento tipo A, tras el cual, el Plextol® B500 se mantiene estable y más flexible que el Acril® 33, aún contando la disminución de su módulo E (7,14% frente a 48,84% en términos relativos según la Tabla 73).

El Fluoline® HY se vuelve más flexible tras el envejecimiento afectándole mayormente el programa tipo B. La Beva® 371 (copolímero EVA) pierde rigidez tras su exposición al envejecimiento tipo A y la aumenta su valor, si se combina con la luz UVA (tipo B: variación de 60,33%).

Por último, los polímeros PEOX Aquazol® 200 y 500 ven disminuida su rigidez inicial una vez envejecidos, mostrando una mayor sensibilidad si el envejecimiento se produce en la oscuridad (ver Tabla 72, variaciones relativas del 60,93% (A2) y del 91,77% (A5). El Aquazol® 500 (adhesivo) es inicialmente más rígido que el Aquazol® 200 (consolidante), aunque tras el envejecimiento tipo A le supera en flexibilidad, siendo más sensible. Finalmente, señalar que aunque las cifras podrían variar debido a los altos márgenes de error obtenidos para el módulo E de la mayoría de materiales (Fig. 322 y Tabla 72), las clasificaciones serían esencialmente las mismas.

8.3.6.2. Esfuerzo a fluencia:

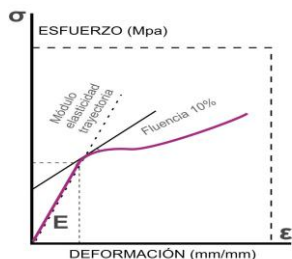


Fig. 323. Fluencia 10%.

Las curvas de carga-deformación de los polímeros ensayados pueden clasificarse en dos grupos, unos en las que la carga aumenta a medida que la deformación crece y otros en las que aparece un punto de fluencia. Es decir, una región en la que se produce una deformación sin incremento apreciable de la carga aplicada (Fig. 323).

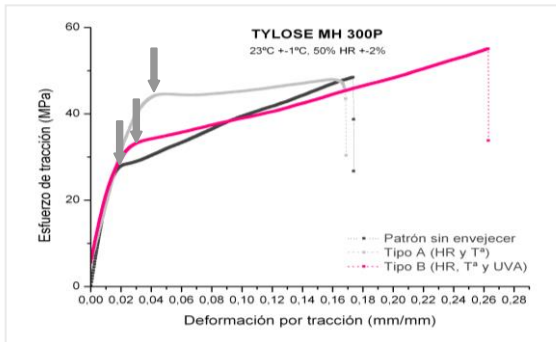


Fig. 324. Punto de fluencia. Curvas esfuerzo-deformación de la Tylose MH 300P.

Esta región, tal y como explicamos al inicio del presente capítulo (ver punto 8.1.1.6.1) corresponde aproximadamente con el llamado límite viscoelástico, el cual marca la transición entre la zona elástica y plástica en la curva de esfuerzo-deformación.

A modo de ejemplo, el gráfico 324 muestra la zona de fluencia en las curvas de esfuerzo deformación de la Tylose® MH 300P antes y después del envejecimiento. Hay que decir que en la mayoría de polímeros testados se aprecia claramente dicha región, a excepción de las colas proteicas (gelatina B y cola de esturión), Aquazol® 500 y Aquazol® 200 tras el envejecimiento A y B, respectivamente.

Teóricamente, si el punto de fluencia se desplaza a la derecha como ocurre con la Tylose MH300P (Fig. 329), la zona elástica y el margen de recuperación de la deformación del polímero son mayores, lo cual es más positivo que su disminución. Según esta afirmación, en la interpretación de los resultados se han considerado dichas variaciones.

Según lo expuesto comenzaremos con el análisis de cada uno de los materiales que presentan fluencia a pendiente 0%:

La Tabla 74 recoge los valores de esfuerzo y deformación a fluencia pendiente 0% y desviación estándar (σ), antes y después envejecimiento A y B, los cuales se hallan representados en las Fig. 325 y 326. A su vez, el cálculo de los cambios producidos en dichos productos se recoge en la Tabla 75¹¹¹⁸.

¹¹¹⁸ **Diferencia absoluta:** $F10\%_F - F10\%_I$. **Diferencia relativa:** $(F10\%_F - F10\%_I) / F10\%_I \cdot 100$.

Tabla. 74. Esfuerzo (ETF0), deformación (DTF0) a fluencia 0% y desviación estándar (σ), antes y después envejecimiento A y B.

E.	ETF0 (MPa)	σ	DTF0 (mm/mm)	σ
KL				
O	5,5	1,9	0,04	0,002
A	4,9	0,6	0,04	0,004
B	4,76	1,08	0,5	0,5
A2				
O	1,08	0,5	0,37	0,3
A	1,35	0,4	3,01	0,9
B	-	-	-	-
A5				
O	3,95	1,6	0,05	0,07
A	-	-	-	-
B	1,28	0,3	0,59	0,4
FLU				
O	0,62	0,05	1,18	0,08
A	0,59	0,05	1,24	0,1
B	0,56	0,02	1,57	0,5
PA				
O	10,4	3,9	0,39	0,2
A	62	9,5	0,07	0,02
B	90,83	8,08	0,09	0,04

Tabla. 75. Diferencia absoluta y relativa % esfuerzo a fluencia 0% (ETF0) y deformación a fluencia 0% (DTF0), inicial y tras envejecimiento A y B.

E.	Dif. Ab. ETF0 0 (MPa)	Dif. DTF0 0 (mm/mm)	Dif. Rel % ETF10	Dif. Rel % DTF10
KL				
A	-0,62	-0,03	-11,26%	-6,28%
B	-0,77	0,43	-13,99%	914,65%
A2				
A	0,27	2,70	25%	729,73%
A5				
B	-2,67	0,540	-67,59%	1.080%
FLU				
A	-0,04	0,06	-5,78%	5,08%
B	-0,07	0,39	-10,47%	33,05%
PA				
A	51,57	-0,22	496,45	-75,8
B	80,44	-0,21	774,39	-72,41
Leyenda envejecimiento:				
0 (sin envejecer)				
Tipo A (envejecimiento %HR y T ^a)				
Tipo B (envejecimiento %HR, T ^a y UVA)				

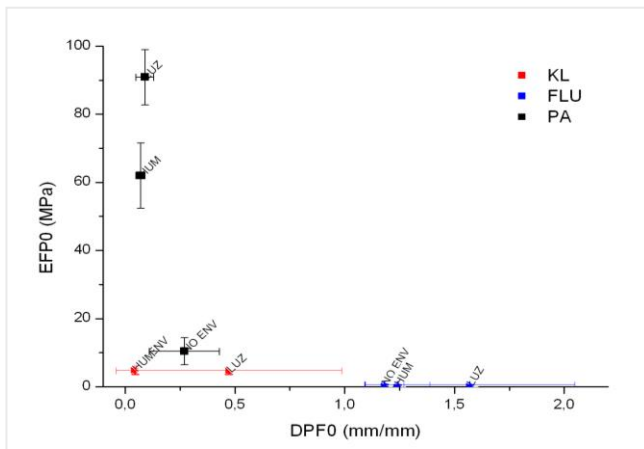


Fig. 325. PA, KL y FLU. Esfuerzo (ETF0) y deformación (DTF0) fluencia inicial y tras envejecimiento HUM (Tipo A: Termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: Fotooxidativo y termohigrométrico).

Klucel® G (KL): en general, tal y como se aprecia en la Tabla 74-75 y Fig. 325, el polímero parece disminuir el esfuerzo tras ambos tipos de envejecimiento para llegar a la zona de fluencia, aunque en parte estos valores quedan solapados bajo los márgenes de error de las muestras no envejecidas. En cuanto a la deformación soportada hasta llegar a la zona de fluencia, no parecen haber diferencias notables entre las muestras patrón y las envejecidas con el programa tipo A, como sí ocurre con las sometidas al programa tipo B, cuya tendencia parece ser la de aumentar la deformación (variación de un 914,65% en términos relativos). Esto indicaría a su vez un aumento de la capacidad de recuperación de la deformación para las muestras expuestas a este tipo de envejecimiento acelerado.

Fluoline® HY (FLU): según los valores obtenidos (Tabla 74-75) y representados en la Fig. 325, no se distingue entre los efectos del envejecimiento sobre el esfuerzo soportado en esta zona de la curva. En cuanto a la deformación alcanzada, las muestras patrón se solapan con las del envejecimiento tipo A y parte de las del tipo B, aunque en estas últimas se aprecia un mayor incremento de la deformación (A: 5,08% frente a B: 33,05% en términos relativos), y con ello un aumento de la capacidad de recuperación de la deformación para estas muestras.

Paraloid® B72 (PA): los resultados plasmados en la Tabla 74-75 y Fig. 325, ponen de manifiesto una pérdida general de la deformación (A: -75,8% y B: -72,41%), y un aumento de resistencia (A: 496,45% y B:774,39%) tras ambos tipos de envejecimiento. Por ello, se aprecia una pérdida de la capacidad de recuperación, al disminuir la zona elástica.

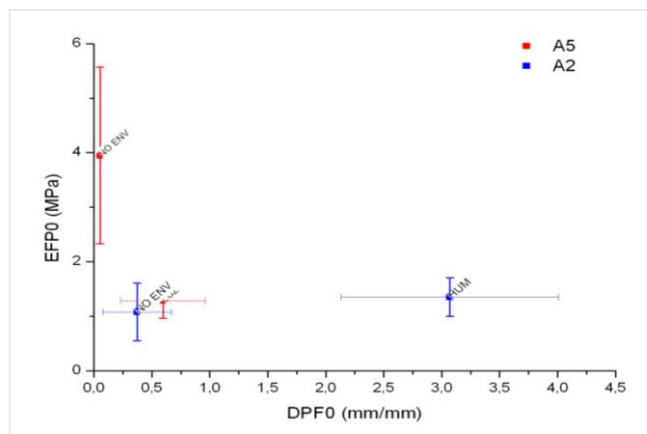


Fig. 326. A2 y A5. Esfuerzo (ETF0) y deformación (DTF0) fluencia pendiente 0% inicial y tras envejecimiento HUM (Tipo A: Termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: Fotooxidativo y termohigrométrico).

Aquazol® 200 (A2): teniendo en cuenta los valores y desviación típica (recogidos en la Tabla 74-75 y representados en la Fig. 326), la tensión soportada hasta llegar al límite viscoelástico parece aumentar un 25% a nivel promedio, aunque los resultados quedan solapados debido a los errores. A esto, se le une un notable aumento de la deformación tras el envejecimiento tipo A de un 729,73% en términos relativos. Esto podría indicar el aumento de su capacidad de recuperación en la zona elástica. Tras el envejecimiento tipo B no se distingue la fluencia lo cual indicaría la pérdida del límite viscoelástico.

Aquazol® 500 (A5) (Tabla 74-75, Fig. 326): este polímero muestra una reducción de la tensión soportada (-67,59%) para alcanzar el límite viscoelástico, unido a un enorme aumento de la deformación tras el envejecimiento tipo B de un 1.080% en términos relativos. Esto hace que se vislumbre un aumento de la recuperación en la zona elástica. Tras el envejecimiento tipo A no se distingue la fluencia a 0%. Ocurre lo mismo que con el Aquazol® 200. Además, no podemos calcular la fluencia 10% en ninguno de los dos envejecimientos (A y B).

A continuación, se introduce el análisis de los materiales con fluencia 10%, cuyos valores y desviación estándar recoge la Tabla 76 y Fig. 327-330:

Tabla. 76. Esfuerzo (DTF10), deformación (ETF10) a fluencia 10% y desviación estándar (σ), antes y después del envejecimiento A y B.

E.	ETF10 (MPa)	σ	DTF10 (mm/mm)	σ
FU				
O	4,5	1,5	0,02	0,001
A	9,6	1,4	0,04	0,004
B	13,6	2,0	0,05	0,001
JU				
O	25,8	4,3	0,04	0,01
A	34,9	5,4	0,04	0,002
B	34,01	5,0	0,03	0,004
PV				
O	11,8	0,6	0,10	0,04
A	9,9	1,2	0,11	0,03
B	12,6	0,5	0,12	0,05
MHEC				
O	30,9	2,1	0,02	0,003
A	29,8	1,2	0,03	0,008
B	25,83	8,04	0,03	0,005
PLE				
O	1,3	0,3	0,04	0,01
A	0,9	0,2	0,08	0,02
B	0,66	0,09	0,08	0,03
PLEX				
O	0,36	0,02	0,82	0,22
A	0,34	0,05	0,83	0,12
B	0,31	0,08	0,36	0,21
AC				
O	0,41	0,07	0,37	0,23
A	0,42	0,04	0,63	0,24
B	0,33	0,01	0,27	0,03
BE				
O	1,23	0,34	0,14	0,02
A	0,62	0,20	0,11	0,08
B	0,81	0,02	0,05	0,00
MOW				
O	0,09	0,01	0,37	0,002
A	0,11	0,01	0,31	0,07
B	0,10	0,01	0,40	0,06
Leyenda envejecimiento:				
0 (sin envejecer), A (envejecimiento %HR y T ^a), B (envejecimiento %HR, T ^a y UVA)				

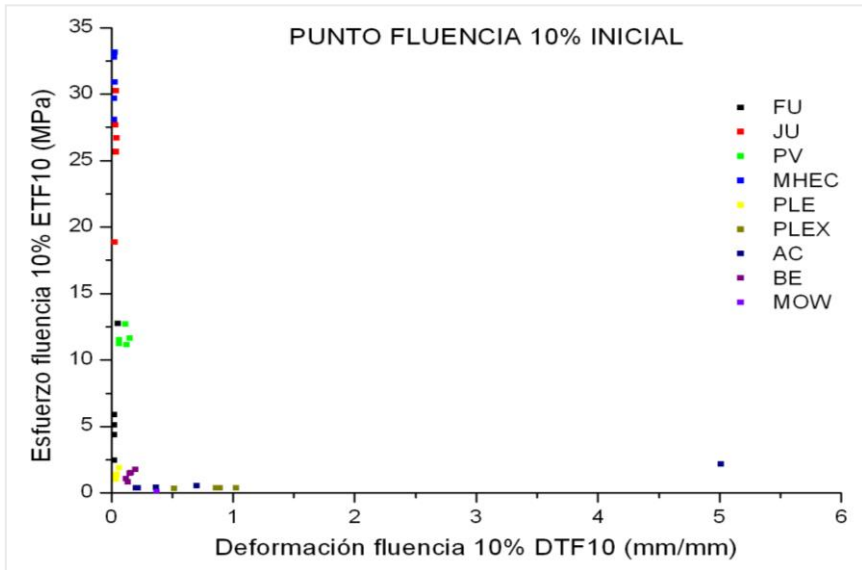


Fig. 327. FU, JU, PV, MHEC, PLE, PLEX, AC, BE Y MOW. Esfuerzo (ETF10) y deformación a fluencia (DTF10) inicial.

Tabla. 77. Diferencia absoluta y relativa % esfuerzo-deformación fluencia (ETF10) y (DTF10), inicial y tras envejecimiento A y B.

Prod.	Dif. Ab. ETF10 Tipo A (MPa)	Dif. Rel % ETF10 Tipo A	Dif. Ab. DTF10 Tipo A (mm/mm)	Dif. Rel % DTF10 Tipo A	Dif. Ab. ETF10 Tipo B (MPa)	Dif. Rel % ETF10 Tipo B	Dif. Ab. DTF10 Tipo B (mm/mm)	Dif. Rel % DTF10 Tipo B
FU	5,17	115,96	0,02	93,72	9,15	205,20	0,02	95,67
JU	9,07	35,11	-0,0005	-1,35	8,18	31,67	-0,002	-6,15
PV	-1,86	-15,79	0,006	13,99	0,83	7,08	0,03	28,19
MHEC	-1,13	-3,65	0,01	23,21	-5,09	-16,47	0,01	28,61
PLE	-0,44	33,03	0,03	72,36	-0,68	-50,49	0,03	73,69
PLEX	-0,03	8,08	0,007	0,90	-0,05	-14,69	-0,46	-56,40
AC	0,01	1,66	0,26	68,73	-0,08	-20,39	-0,10	-26,76
BE	-0,60	49,06	-0,03	-21,53	-0,41	-33,68	-0,09	-62,15
MOW	0,02	26,08	-0,07	-17,74	0,01	16,52	0,03	8,39

El gráfico anterior 77 (Fig. 327), representa el punto de fluencia a pendiente 10% en un estadio inicial antes del envejecimiento, mientras que la Tabla 78 corresponde a los cálculos de diferencia absoluta y relativa antes y después de someter a las muestras a ambos tipos de envejecimiento acelerado.

La Tabla 78 muestra una clasificación según la anterior variación:

Tabla. 78. Clasificación según diferencia absoluta ETF10 y DTF10, inicial y envejecida.

Prod.	Dif. Ab. ETF10 Tipo A (MPa)	Prod.	Dif. Ab. DTF10 Tipo A (mm/mm)	Prod.	Dif. Ab. ETF10 Tipo B (MPa)	Prod.	Dif. Ab. DTF10 Tipo B (mm/mm)
AC	0,01	JU	0,0004	MOW	0,01	JU	0,002
MOW	0,02	MHEC	0,01	PLEX	0,05	MHEC	0,007
PLEX	0,03	PLEX	0,01	AC	0,08	FU	0,02
PLE	0,44	PV	0,01	BE	0,41	PV	0,03
BE	0,60	FU	0,02	PLE	0,68	MOW	0,03
MHEC	1,13	BE	0,03	PV	0,83	PLE	0,03
PV	1,86	PLE	0,03	MHEC	5,09	BE	0,09
FU	5,17	MOW	0,07	JU	8,18	AC	0,10
JU	9,07	AC	0,26	FU	9,15	PLEX	0,46

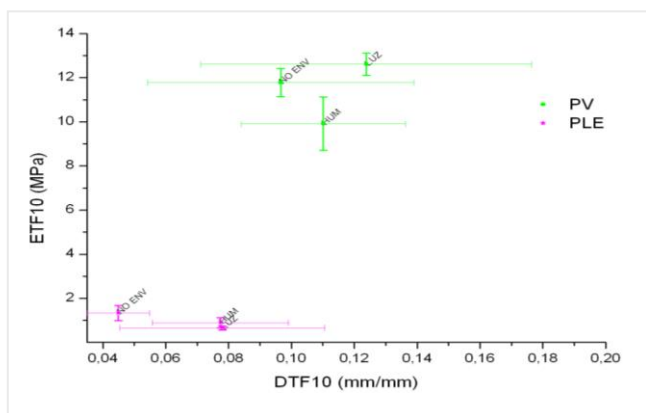


Fig. 328. PV y PLE. Esfuerzo (ETF10) y deformación (DTF10) a fluencia inicial y tras envejecimiento HUM (Tipo A: Termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: Fotooxidativo y termohiarométrico)

Gelvatol® (PV): tras el envejecimiento hay una tendencia a aumentar la deformación del *film* hasta llegar al límite viscoelástico (A:13,99% y B: 28,19%), sin que pueda discriminarse el efecto de los dos programas debido al rango de errores obtenido tal y como se aprecia en la Tabla 77-78 y Fig. 328. A su vez, según las variaciones a nivel de tensión de esta zona hay un descenso tras el envejecimiento tipo A (15,79% en términos relativos) y una tendencia a un aumento tras el envejecimiento combinado con UVA (B: 7,08%), aunque este se solapa en parte con los resultados de las muestras no envejecidas. Parece producirse una tendencia a aumentar su capacidad de recuperación con un desplazamiento de la zona de fluencia hacia la derecha tras el envejecimiento.

Plexisol® P550 (PLE): los datos obtenidos (Tabla 77-78 y Fig. 328) indican una tendencia al aumento de la elongación y un descenso de la carga soportada del polímero tras el envejecimiento, sin que puedan diferenciarse los efectos por separado de cada programa debido a los márgenes de error. Los datos del envejecimiento B se superponen en una zona de las muestras patrón y envejecidas tipo A. Se aprecia una tendencia a aumentar su capacidad de recuperación con pérdida de resistencia.

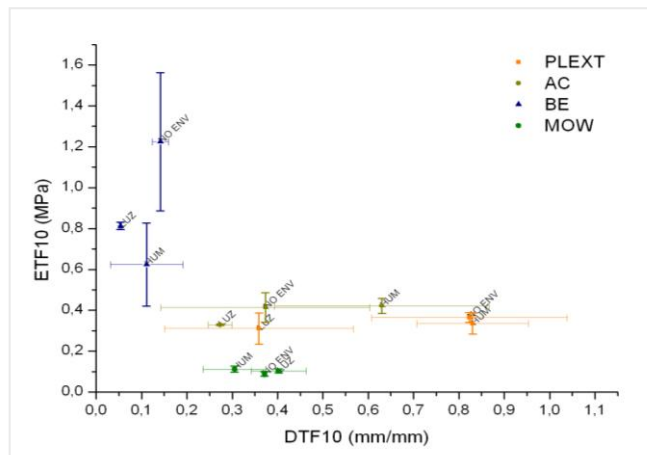


Fig. 329. PLEX, AC, BE Y MOW. Esfuerzo (ETF10) y deformación (DTF10) a fluencia inicial y tras envejecimiento HUM (Tipo A: Termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: Fotooxidativo y termohigrométrico).

Plexitol® B500 (PLEX): como se aprecia en la Tabla 77-78 y Fig. 329, el envejecimiento tipo B afecta más al polímero siendo el que disminuye en mayor grado la capacidad de deformación en términos relativos (56,40%). La carga sufre una variación del 14,69%. Las muestras sometidas a envejecimiento tipo A no se diferencian de las no envejecidas en lo relativo al límite viscoelástico, por tanto la capacidad de recuperación sería similar (variaciones en términos relativos de un 8,08% de carga y 0,90% de deformación).

Acril® 33 (AC): tras el programa termohigrométrico (tipo A) parece aumentar su capacidad de deformación y mantener su resistencia, y por tanto de recuperación (Tabla 77-78 y Fig. 329). Por su parte, con envejecimiento tipo B, el polímero pierde resistencia en un 14,69% y deformación en un 56,40%, en términos relativos.

Beva® 371 (BE): en general, tras el envejecimiento disminuyen la resistencia (A: 49,06% y B: 33,68%, en términos relativos) y la deformación (A: 21,53% y B: 62,15%), para alcanzar el límite viscoelástico. No obstante, no se distinguen claramente los efectos de los tipos de envejecimiento A y B (ver barras de error: Tabla 77-78 y Fig. 329). Parece disminuir la zona elástica y con ello la reversibilidad de la deformación.

Mowilith® SDM5 (MOW): tal y como se aprecia en la Tabla 77-78 y Fig. 329, los resultados y barras de error se solapan sin que se distingan claramente las diferencias entre las muestras envejecidas y las no envejecidas. No obstante se han registrado cambios en términos relativos de tensión (26,08% en tipo A y 16,52% en tipo B) y de deformación (17,74% tipo A y 56,40% tipo B).

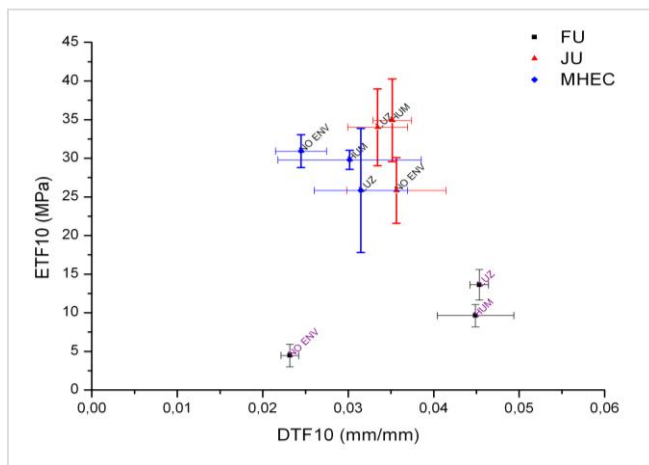


Fig. 330. FU, JU y MHEC. Esfuerzo a fluencia 10% (ETF10) y deformación a fluencia (DTF10) inicial y tras envejecimiento HUM (Tipo A: Termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: Fotooxidativo y termohigrométrico).

Tylose® MH 300P (MHEC): según los valores mostrados en la (Tabla 77-78 y Fig. 330), con el envejecimiento tiende a un incremento de la elongación siendo mayor en el caso del envejecimiento tipo A. En cuanto a los cambios en tensión, señalar que no se distinguen de las muestras no envejecidas, si bien, se ha registrado una mayor disminución de la resistencia elástica tras el el envejecimiento tipo B: 3,65% frente al A: 16,47%. La capacidad de recuperación de la deformación parece aumentar ligeramente tras el envejecimiento al aumentar la zona elástica.

Funori (FU): los dos tipos de envejecimiento le afectan aumentando el esfuerzo soportado y la deformación en el límite viscoelástico (Tabla 77-78 y Fig. 330). El envejecimiento B produce un aumento de la deformación del material sin que existan diferencias entre ambos programas A: 93,72% y B: 95,67% respectivamente. En general, el funori es el polímero que incrementa en mayor grado su resistencia con diferencias en términos relativos del 115,96% (tipo A) y del 205,20% (tipo B), mostrando una mayor sensibilidad en este último tipo de envejecimiento. Se produce un claro desplazamiento de la zona de fluencia a la derecha, lo que indica un aumento de la zona elástica y una mayor reversibilidad de la deformación.

JunFunori® (JU): los efectos del envejecimiento no son tan elevados como con el funori y quedan solapados, aunque se distingue un incremento de la tensión sin que haya diferencias claras entre ambos programas (Tabla 77-78 y Fig. 330). Con variaciones en términos relativos del 1,35% (tipo A) al 6,15% (tipo B) de capacidad de elongación inicial. Se aprecia una ligera disminución en la elongación de la zona elástica con una pérdida de reversibilidad de la deformación.

8.3.6.3. Esfuerzo y deformación en la rotura:

Tabla. 79. Esfuerzo (ETR), deformación (DTR) en la rotura y desviación estándar (σ), antes y después envejecimiento A y B (continúa en página siguiente).

E.	ETR (MPa)	σ	DTR (mm/mm)	σ
FU (Tg: no facilitada)				
O	4,47	2,10	0,08	0,04
A	9,79	2,52	0,07	0,009
B	13,31	4,39	0,09	0,05
JU (Tg: no facilitada)				
O	27,03	3,94	0,05	0,009
A	36,62	6,04	0,05	0,006
B	34,60	4,53	0,04	0,004
PV (Tg: >80°C)				
O	22,88	2,45	1,35	0,14
A	17,10	2,64	0,99	0,26
B	20,91	2,81	1,10	0,24
MHEC (Tg: no facilitada)				
O	48,01	7,23	0,19	0,04
A	22,99	5,20	0,07	0,02
B	39,79	8,51	0,23	0,05
AC (Tg: 6-8°C)				
O	0,96	0,35	2,79	0,98
A	2,29	0,38	4,94	0,28
B	2,22	0,33	5,20	0,50
BE (Tg: 18°C)				
O	1,28	0,14	3,32	1,44
A	0,56	0,08	0,79	0,74
B	0,69	0,00	0,33	0,01
A2 (Tg: 69-71°C)				
O	0,91	0,17	3,09	0,91
A	1,01	0,19	3,24	0,80
B	0,83	0,53	5,42	2,96
A5 (Tg: 69-71°C)				
O	2,96	1,05	2,56	0,26
A	0,47	0,17	3,33	0,98
B	2,09	0,19	4,32	0,73

Para concluir se analizó el esfuerzo y la deformación en el momento de la rotura antes y después del envejecimiento o a partir de las curvas de esfuerzo-deformación. Los valores se recogen en la Tabla 79).

KL (Tg: 130°C)					FLU (Tg: -21°C)				
O	9,93	2,13	0,86	0,08	O	0,51	0,09	10,37	1,77
A	7,66	3,63	0,61	0,47	A	0,67	0,12	11,91	0,25
B	6,98	1,74	0,90	0,05	B	0,75	0,26	11,20	0,64
PA (Tg: 40-41°C a 32°C)					MOW (Tg: 2°C)				
O	10,40	4,29	1,89	1,55	O	0,12	0,01	12,45	0,06
A	44,89	19,88	1,36	0,89	A	0,23	0,08	12,29	0,05
B	59,70	21,13	1,09	0,36	B	0,19	0,05	12,46	0,06
PLE (Tg: 25°C, 42°C a 98°C)					CE (Tg: no facilitada)				
O	1,81	0,38	1,30	0,89	O	57,77	18,23	0,07	0,02
A	1,73	0,34	2,89	0,46	A	43,6	5,52	0,06	0,008
B	1,21	0,23	2,15	1,41	B	50,75	14,61	0,05	0,01
PLEX (Tg: 9°C)					GE (Tg: 210°C)				
O	0,80	0,04	4,40	0,11	O	53,47	21,07	0,06	0,03
A	1,31	0,08	5,61	0,21	A	63,51	15,77	0,06	0,009
B	2,13	0,37	5,41	0,11	B	71,60	28,69	0,06	0,03
0 (sin envejecer), A (envejecimiento %HR y T ^a), B (envejecimiento %HR, T ^a y UVA)									

La Fig. 331 representa dichos puntos. La tabla 80 y 81 corresponden a la clasificación de los materiales en función del valor de estrés y alargamiento en la rotura.

Por otro lado, la Tabla 83 recoge los cálculos de la tenacidad de estos polímeros.

Tabla. 80. % alargamiento a la rotura antes y después del envejecimiento A y B.

E.	A. R.%	E.	A. R.%	E.	A. R.%	E.	A. R.%
FU		KL		AC		FLU	
O	7,8	O	86,2	O	278,9	O	1036,9
A	6,8	A	60,9	A	493,6	A	1191,4
B	9,3	B	89,9	B	520,1	B	1120,4
JU		PA		BE		MOW	
O	4,9	O	189	O	332,3	O	1245,2
A	5,3	A	136	A	78,6	A	1229,5
B	3,9	B	109	B	33,3	B	1246,1
PV		PLE		A2		CE	
O	135,1	O	129,8	O	308,8	O	6,9
A	98,7	A	289,4	A	324,0	A	6,5
B	110,5	B	215,2	B	542,0	B	4,8
MHEC		PLEX		A5		GE	
O	19,5	O	440,5	O	255,7	O	5,9
A	6,6	A	561,0	A	333,4	A	6,3
B	22,8	B	540,8	B	432,4	B	6,5

Según estos resultados (valores de rotura, resistencia tensora cohesiva y alargamiento a la rotura), distinguimos tres grupos de materiales (Tablas 79-80, Fig. 331):

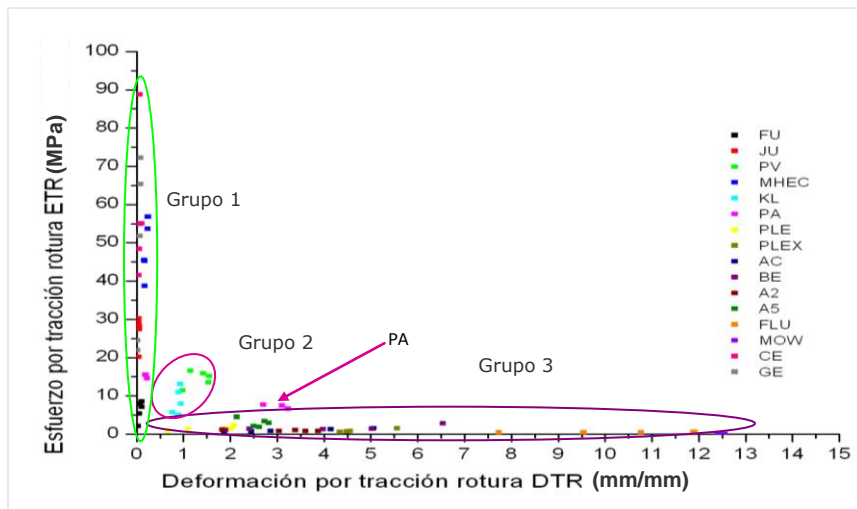


Fig. 331. Punto de rotura muestras. Esfuerzo por tracción a rotura (ETR) y deformación por tracción a rotura (DTR) antes del envejecimiento.

El primer grupo (marcado en el gráfico anterior Fig. 331), se caracteriza por tener un esfuerzo por tracción aproximado entre 0,5 MPa y 90 MPa¹¹¹⁹ y una deformación por tracción inferior a 0,5 mm/mm. Se trata de materiales vítreos con resistencia quebradiza intrínseca según Down, Tétrault y Williams¹¹²⁰, que se deforman muy poco al aplicarles una carga (% elongación <20%). Al poseer una Tg superior a la temperatura ambiente (ver Tabla 79), presentan un comportamiento mecánico de sólidos rígidos duros, más frágiles, fuertes o resistentes según el tamaño del área inferior de la curva (a mayor área mayor tenacidad y resistencia)¹¹²¹. Pertenecen a este, de mayor a menor tensión

¹¹¹⁹ Una de las muestras de cola de esturión ha alcanzado los 89,5 Mpa, mientras que el resto presenta valores por debajo de los de la gelatina.

¹¹²⁰ Tensión <2MPa: polímeros débiles (comportamiento de flujo viscoso en unos pocos minutos), 2-15MPa: adhesivos dúctiles y 15-60MPa: adhesivos vítreos. DOWN, J. L., McDONALD, M.A. TÉTREAUULT, J., WILLIAMS, R. S. *Op. cit.*, p. 19.

¹¹²¹ Curvas tipo A y B: materiales duros que se rompen con una determinada carga. Ej. <4MPa y 0,5% deformación: evidencia de fragilidad. Curvas tipo C: materiales duros resistentes, capaces de estirarse elásticamente de manera limitada bajo una carga inicial, pudiendo deformarse con su aumento antes de romperse (absorben energía en variedad de formas). Bajo la curva de carga-deformación presentan un

media soportada: la gelatina tipo B, la cola de esturión¹¹²², la Tylose® MH 300P, el JunFunori® y el Paraloid® B72. Debido a la tendencia del anterior a reducir la deformación con la evaporación del solvente (Tabla 80)¹¹²³ y a la baja extensibilidad del funori (7,8%), los consideramos en este grupo¹¹²⁴.

El segundo grupo o grupo intermedio (ver Fig. 331), presenta un esfuerzo por tracción menor, entre 2 MPa y 15 MPa aproximadamente y una deformación por tracción entre 0,5 mm/mm y 1,8 mm/mm. Es decir, materiales dúctiles que con poco esfuerzo se deforman: el alcohol polivinílico Gelvatol®¹¹²⁵ y el Klucel G®¹¹²⁶. Aunque poseen un comportamiento de sólidos rígidos (Tg superiores a la temperatura ambiente), se diferencian del grupo anterior por soportar esfuerzos menores y presentar una elongación en la rotura >20%, siendo por tanto extensibles al ser más gomosos.

A diferencia del anterior, el tercer grupo presenta un esfuerzo por tracción inferior a 2 MPa y una deformación por tracción entre 1 y 13 mm/mm aproximadamente (ver Fig. 331). Esto es, materiales mórbidos más o menos tenaces, que se deforman con un esfuerzo mínimo (% elongación en la rotura >20%)¹¹²⁷. De menor a mayor deformación por tracción tenemos: Plexisol® P550, Aquazol® 500, Acril® 33, Aquazol® 200, Beva® 371, Plextol® B500, Fluoline® HY y Mowilith® SDM5¹¹²⁸. Este comportamiento está influenciado una Tg igual o inferior a la de la temperatura ambiente. Sin embargo, los productos Aquazol®, cuya Tg oscila de 69 a 71°C, presentan un comportamiento especial que recuerda al de los plastificantes. De hecho se ha experimentado su uso para reducir la rigidez de otros polímeros.

área grande. WOLBERS, R. *Op. cit.*, pp. 116 y 120. COLOMBO, A., MINOTTI, D., MECKLENBURG, M., CREMONESI, P., ROSSI DORIA, M. *Op. cit.*, p. 40.

¹¹²² Situamos a la cola de esturión tras la gelatina porque aunque la media es ligeramente mayor, el 80% de las muestras se situaba por debajo de esta. Como curiosidad, señalar que la cola de conejo presenta una Tg: 200°C en condiciones de sequedad y de 22°C a temperatura ambiente y 70-75% HR. FUSTER LÓPEZ, L. *Op. cit.*, p. 179.

¹¹²³ Debido al efecto plastificante del solvente, el 60% de las muestras pertenecería al grupo 2 (comportamiento gomoso y mayor capacidad de deformación). El 40% está sobre un 0,21 mm/mm de deformación, quedando bajo el grupo 1.

¹¹²⁴ Presenta una tensión media de 4,47 MPa y alargamiento de 0,08 mm/mm.

¹¹²⁵ Incluido en este grupo por la magnitud del esfuerzo soportado.

¹¹²⁶ Los *films* de Klucel® G con etanol son mórbidos y débiles antes del envejecimiento, haciéndose más rígidos posteriormente. COLOMBO, A., MINOTTI, D., MECKLENBURG, M., CREMONESI, P., ROSSI DORIA, M. *Op. cit.*, p. 44.

¹¹²⁷ Presentan curvas del tipo D y E. *Ibidem*.

¹¹²⁸ El A5 roza los 3MPa antes del envejecimiento.

Tras esta categorización general se procedió a efectuar la valoración de los cambios producidos antes y después del envejecimiento calculando las diferencias absolutas y relativas del esfuerzo y deformación en la rotura. Estas se hallan recogidas en la siguiente tabla (Tabla 81):

Tabla. 81. Diferencia absoluta y relativa %. Esfuerzo (ETR), deformación (DTR), inicial y tras envejecimiento A y B.

Prod.	Diferencia esfuerzo Tipo A . (MPa)	Diferencia % esfuerzo A	Diferencia. Deformación A (mm/mm)	Diferencia % deformación Tipo A	Diferencia esfuerzo B (MPa)	Diferencia % esfuerzo Tipo B	Diferencia deformación B (mm/mm)	Diferencia % deformación Tipo B
FU	5,32	118,88	-0,01	-13,51	8,84	197,57	0,02	19,21
JU	9,59	35,48	0,004	7,50	7,58	28,03	-0,01	21,23
PV	-5,78	-25,24	-0,36	-26,91	-1,97	-8,59	-0,25	-18,20
MHEC	-25,01	-52,10	-0,13	-66,19	-8,22	-17,12	0,03	17,01
KL	-2,27	-22,81	-0,25	-29,38	-2,95	-29,69	0,04	4,31
PA	34,49	331,66	49,30	474	-0,53	-28,11	-0,80	-42,33
PLE	-0,076	-4,21	1,60	122,89	-0,59	-32,69	0,85	65,74
PLEX	0,506	62,86	1,20	27,35	1,32	163,98	1,00	22,77
AC	1,33	139,13	2,15	76,97	1,27	132,36	2,41	86,48
BE	-0,72	-56,07	-2,54	-76,34	-0,60	-46,61	-2,99	-89,96
A2	0,10	11,39	0,15	4,92	-0,08	-8,75	2,33	75,53
A5	-2,49	-84,10	0,78	30,38	-0,87	-29,45	1,77	69,08
FLU	0,16	30,63	1,54	14,89	0,24	47,06	0,83	8,04
MOW	0,10	83,11	-0,16	-1,26	0,07	53,34	0,01	0,07
CE	-14,17	-24,53	-0,004	-5,79	-7,03	-12,16	-0,02	-31,12
GE	10,04	18,78	0,004	6,55	18,14	33,92	0,01	9,20

Tabla. 82. Tenacidad (T) antes y después del envejecimiento (E).

E	T	T	T	T
	FU	KL	AC	FLU
O	0,63	6,58	0,95	5,76
A	0,61	3,78	4,96	8,10
B	1,05	4,53	4,57	7,76
	JU	PA	BE	MOW
O	1,17	17,13	8,52	1,40
A	1,29	111,90	0,79	2,33
B	0,91	113,37	0,30	2,16
	PV	PLE	A2	CE
O	27,68	3,34	4,19	4,21
A	15,31	4,69	2,16	2,02
B	16,22	3,74	2,78	1,65
	MHEC	PLEX	A5	GE
O	6,27	2,16	10,97	2,23
A	5,32	3,23	2,42	3,80
B	7,95	4,80	6,06	3,75

Tabla. 83. Tenacidad. Diferencia absoluta y relativa tras envejecimiento A y B.

Prod.	Dif. Tenacidad Tipo A	Dif. Rel % Tenacidad Tipo A	Dif. Tenacidad Tipo B	Dif. Rel % Tenacidad Tipo B
A2	-2,03	-48,52	-1,42	-33,77
A5	-8,55	-77,93	-4,91	-44,75
AC	4,01	420,22	3,62	379,28
BE	-7,73	-90,70	-8,22	-96,42
CE	-2,19	-52,03	-2,56	-60,80
FLU	2,35	40,81	2,00	34,78
FU	-0,01	-1,94	0,42	65,75
GE	1,57	70,63	1,52	68,39
JU	0,12	9,95	-0,26	-22,002
KL	-2,81	-42,63	-2,06	-31,24
MHEC	-0,95	-15,21	1,68	26,76
MOW	0,94	67,18	0,77	55,16
PA	94,78	553,26	96,25	561,85
PLE	1,35	40,55	0,40	12,04
PLEX	1,07	49,55	2,63	121,84
PV	-12,37	-44,69	-11,47	-41,42

Junto al análisis anterior se calculó también la tenacidad y sus modificaciones a raíz del envejecimiento acelerado (Tablas 82 y 83). La discusión de estos datos se incluye a continuación en una descripción detallada del efecto de los ciclos de envejecimiento A y B sobre el comportamiento mecánico de cada uno de los polímeros testados, separados en tres grupos según la discusión anterior¹¹²⁹. Además de los diagramas del punto de rotura inicial y tras el envejecimiento, cada uno de los polímeros incluye un gráfico con las curvas de esfuerzo-deformación en la rotura para ilustrar el comportamiento descrito:

Grupo 1:

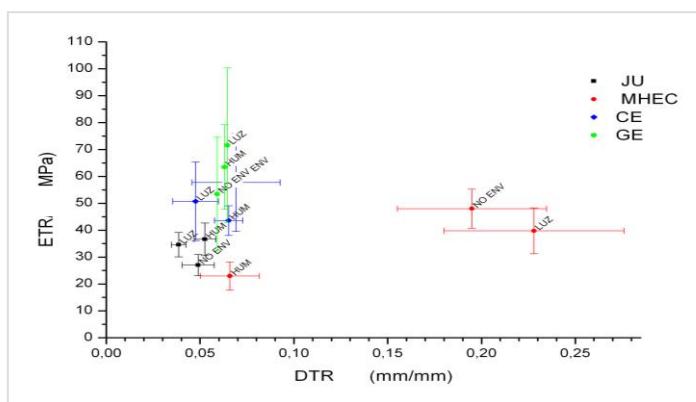


Fig. 332. JU, MHEC, CE Y GE. Esfuerzo (ETR) y deformación (DTR) en el punto de rotura inicial y tras envejecer HUM (Tipo A: termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: fotooxidativo y termohigrométrico).

Gelatina tipo B (GE): al analizar los valores de carga y deformación en la rotura estudiando la Fig. 332, observamos que el elevado margen de error dificulta la interpretación del efecto de envejecimiento A y B. Ambas curvas se superponen sin que podamos distinguir sus efectos.

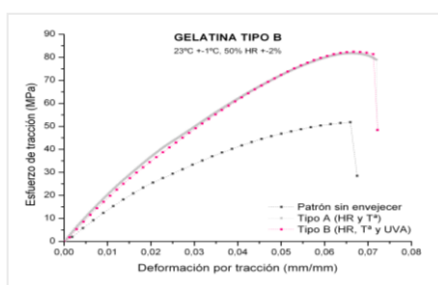


Fig. 333. Curva carga-deformación Gelatina tipo B antes y tras envejecer.

¹¹²⁹ Se han tenido en cuenta los márgenes de error y las variaciones sufridas.

Sin embargo, y teniendo en cuenta la Fig. 333, vemos que al contrario que la cola de esturión, estos parecen incrementarse con el envejecimiento en general, siendo un tanto mayores con el tipo B. De hecho, el módulo E tiende a aumentar tras este tipo de envejecimiento, tornándose más rígida. Así, en general, puede decirse que tras el envejecimiento tiende a aumentar la resistencia y la tenacidad del material (Tabla 82-83), superando a la cola de esturión.

Cola de esturión (CE): al solaparse el rango de datos y margen de error de las curvas de carga-deformación en el momento de la rotura según recoge la Fig. 332, se hace complejo determinar los efectos de ambos programas de envejecimiento. Los valores promedio apuntan una tendencia general a disminuir el esfuerzo y la deformación en la rotura tras el envejecimiento, indicando la pérdida de estas propiedades. Y con ello, una notable pérdida relativa de la tenacidad como refleja la Tabla 82 y 83 (A: -52,03 y B: -60,80%), siendo menos tenaz tras el envejecimiento que la gelatina, contrariamente a lo que sucede con las muestras no envejecidas. Esto contrasta con los valores de algunas muestras y a la desviación típica obtenida. Pues como puede apreciarse en la gráfica 334, tras el envejecimiento tipo B una de las muestras aumentó el esfuerzo soportado.

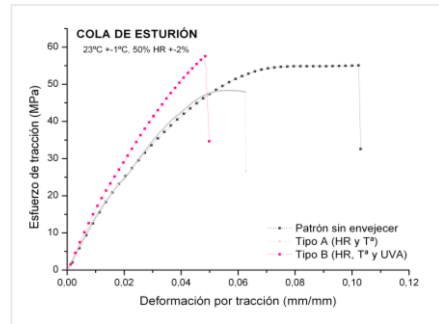


Fig. 334. Curva carga-deformación cola de esturión antes y después de envejecer.

Tylose® MH 300P (MHEC): tal y como queda plasmado en la Fig. 332, esta es más sensible al envejecimiento tipo A, con una evidente disminución relativa de los valores de tensión y deformación en la rotura (52,10% tensión y 66,19% deformación). (Ver Fig. 335). Es el material que, tras este envejecimiento y en términos absolutos ha presentado un mayor cambio con pérdida de

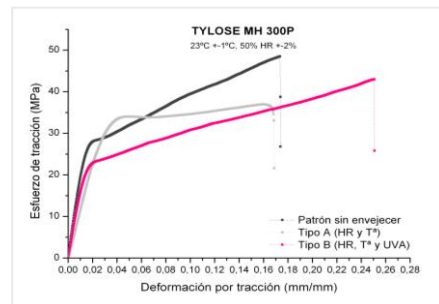


Fig. 335. Curva carga-deformación Tylose® MH 300P inicial y envejecido.

resistencia. Aunque se aprecia una disminución de la carga y un incremento de la deformación, debido a la desviación típica, los efectos del envejecimiento tipo B se solapan en parte con los de las muestras sin envejecer. A causa de su estructura amorfa y cristalina, se deforma más que la cola de esturión y la gelatina, pero soporta menos tensión. La tenacidad disminuye tras el envejecimiento tipo A y aumenta tras el B, siendo superior a la de la cola de esturión y gelatina como recoge la Tabla 82 y 83.

JunFunori® (JU): al analizar la Fig. 332 no se aprecian variaciones en cuanto a la disminución de la deformación tras someter a las muestras al envejecimiento tipo A en el momento de la rotura. Por lo que respecta a la tensión soportada en su rotura, esta parece incrementarse de un modo evidente, sin que se distingan ambos tipos de envejecimiento A y B (Fig. 336).

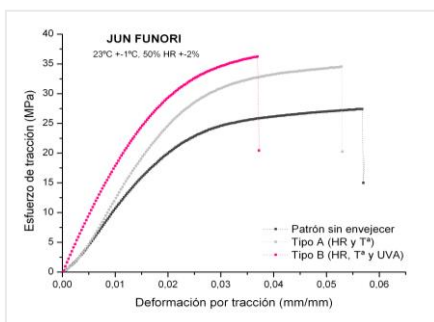


Fig. 336. Curva carga-deformación JunFunori® inicial y tras envejecer.

En general, este producto parece sufrir menos cambios que el funori, presentando pérdida de reversibilidad de la deformación. La tenacidad aumenta tras el envejecimiento A y disminuye tras el B, siendo mayor que la del funori, excepto tras exponerlo a envejecimiento tipo B (ver Tabla 82 y 83).

Paraloid® B72 (PA): este producto se ve claramente afectado por los programas de envejecimiento en su conjunto, sin que puedan diferenciarse sus efectos de forma pormenorizada debido a la desviación típica de las muestras como se aprecia en la Fig. 338, si bien el tipo B parece afectar más a estos cambios (Fig. anterior y 337). Así, se produce un aumento de los valores de esfuerzo y una disminución de los de

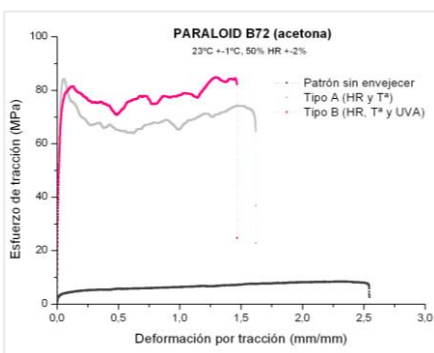


Fig. 337. Curva carga-deformación Paraloid® B72 antes y después de envejecer.

deformación en el momento de la rotura. Como consolidante tradicional puede ser comparado con la gelatina, respecto a los valores de esfuerzo tras el envejecimiento, si bien son inferiores que los de esta, pero ligeramente mayores a los de la cola de esturión como vemos en la Tabla 79).

A diferencia entre los anteriores productos, presenta unos mayores valores de deformación superiores a 1 mm/mm, lo que le aproxima al grupo 2, con los valores de resistencia del grupo 1. Además de ser el más rígido con diferencia tras ambos tipos de envejecimiento es también el más tenaz.

Los resultados muestran la capacidad plastificante del solvente, con una espectacular pérdida de propiedades ligada a su evaporación, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en otros estudios afines¹¹³⁰. Y, augura un incremento de estos cambios.

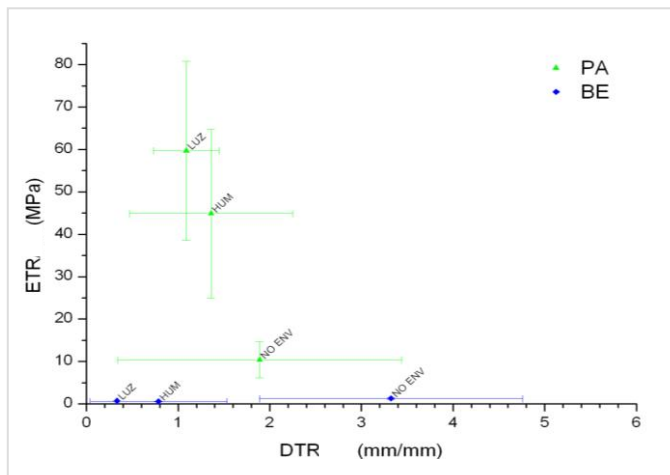


Fig. 338. PA Y BE. Esfuerzo (ETR) y deformación (DTR) en el punto de rotura inicial y tras envejecer HUM (Tipo A: termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: fotooxidativo y termohigrométrico).

¹¹³⁰ Mórvido al inicio pero frágil posteriormente (cambio dramático con acetona). Su comportamiento depende del solvente. WOLBERS, R. *Op. cit.*, p. 117.

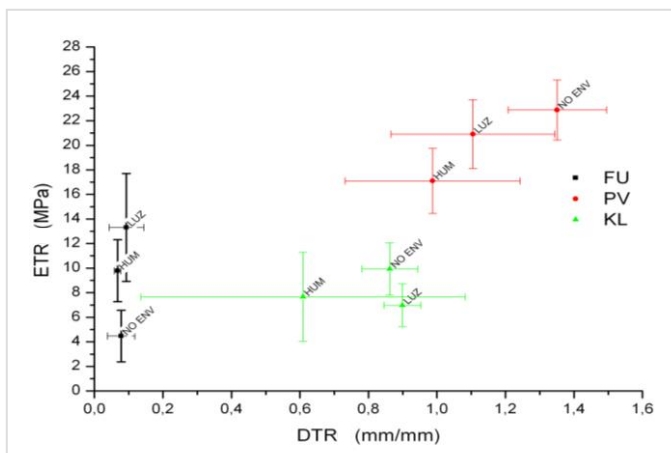


Fig. 339. FU, PV Y KL. Esfuerzo (ETR) y deformación (DTR) en el punto de rotura inicial y tras envejecer HUM (Tipo A: termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: fotooxidativo y termohigrométrico).

Funori (FU): los *films* de este polisacárido vegetal tienden a disminuir su capacidad de deformación en la rotura tras el envejecimiento A y B como vemos en la Fig. 339 y 340.

En general, el esfuerzo por tracción se incrementa exageradamente tras el envejecimiento A (118,89%) situándose en segundo lugar detrás del Acril® 33, si bien, este aumento parece ser mayor con el envejecimiento tipo B (197,58%), siendo el polímero que experimenta el mayor cambio de esta propiedad tras el Plextol® B500.

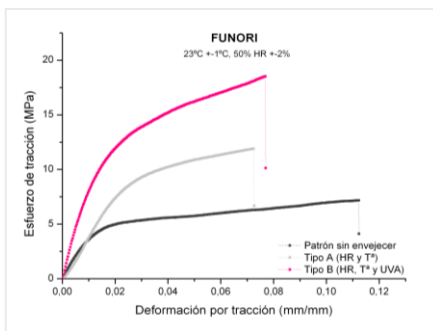


Fig. 340. Curva carga-deformación funori antes y después de envejecer.

La tenacidad disminuye tras el envejecimiento A y aumenta notablemente tras el B (65,75%), si bien es de los materiales menos tenaces al inicio y tras envejecer (junto a la Beva® 371 y JunFunori®). Comparado con el anterior, parece ser menos estable, si bien este es más resistente al esfuerzo, deformándose menos.

Grupo 2:

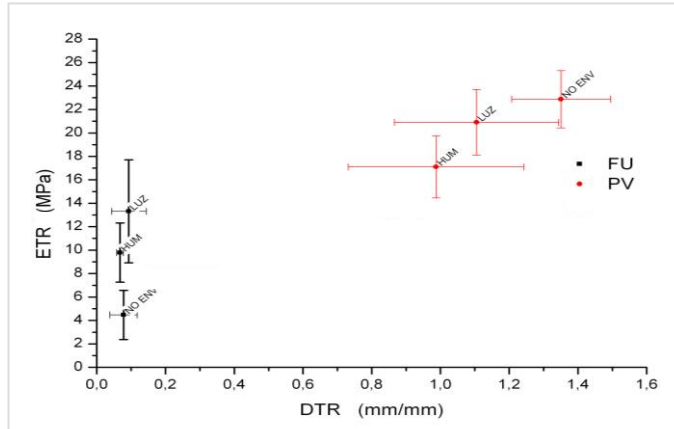


Fig. 341. FU Y PV. Esfuerzo (ETR) y deformación (DTR) en el punto de rotura inicial y tras envejecer HUM (Tipo A: termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: fotooxidativo y termohigrométrico).

Gelvatol® (PV): los datos y errores obtenidos en cuanto a la tensión soportada y la deformación en la rotura (Tabla 79 y Fig. 341), no permiten apreciar evidencias claras entre el material no envejecido y envejecido en el programa tipo B, aunque sí parece existir una tendencia a reducir ambas propiedades tras el envejecimiento (Fig. 342). Con el envejecimiento A se produce una disminución del esfuerzo un -25,24%, si bien el descenso de la tensión queda bajo los errores del tipo B y de las muestras no envejecidas. El envejecimiento tipo A parece afectarle más en términos relativos. Curiosamente es el material que menos tensión pierde tras el programa B.

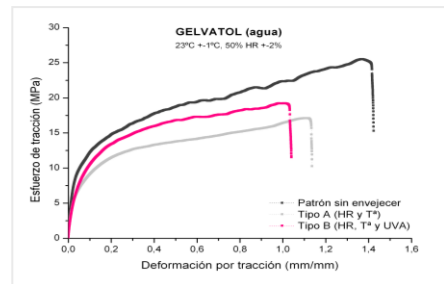


Fig. 342. Curva carga-deformación Gelvatol® antes y después de envejecer.

Tras el envejecimiento en general, el material se hace menos rígido y menos tenaz al mismo tiempo (Tabla 82 y 83), aunque es el más tenaz de todos con diferencia.

Klucel® G (KL): debido al importante grado de desviación típica recogido en la Tabla 79 y Fig. 344, no podemos hablar de diferencias evidentes entre la deformación sufrida tras los ensayos de carga-deformación entre las muestras envejecidas y no envejecidas. Por el mismo motivo no se distinguen cambios de resistencia aunque el gráfico y los valores obtenidos indican que pierde rigidez.

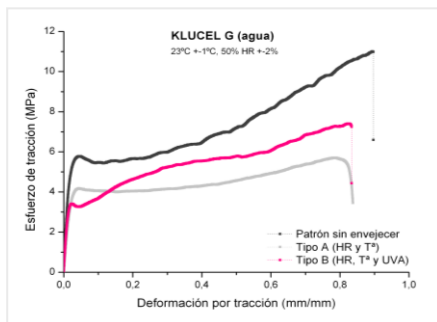


Fig. 343. Curva carga-deformación Klucel® G antes y después de envejecer.

Así mismo los cálculos de diferencia relativa indican la disminución de ambos valores tras el envejecimiento (Tabla 79 y 81), exceptuando un aumento de la deformación hasta en el tipo B. La tenacidad de este material disminuye considerablemente tras el envejecimiento como recoge la Tabla 82 y 83 (A: -42,63% y B: -31,24%) y se observa en la Fig. 343 (disminución del área bajo la curva de carga-deformación).

Grupo 3:

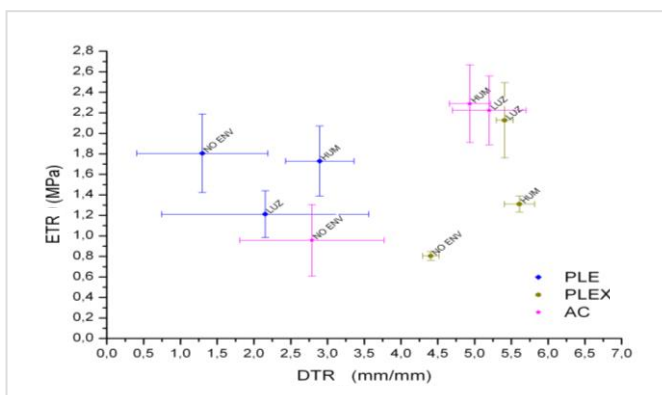


Fig. 344. PLE, PLEX Y AC. Esfuerzo (ETR) y deformación (DTRA) en el punto de rotura inicial y tras envejecer HUM (Tipo A: termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: fotooxidativo termohigrométrico).

Plexisol® P550 (PLE): aunque los valores promedio indican el aumento de la deformación y una disminución del esfuerzo en el momento de la rotura tras el envejecimiento tipo B, el elevado margen de error obtenido impide

corroborar esta situación tal y como se aprecia en la Fig. 344. Sin embargo con el envejecimiento tipo A, aumenta la deformación hasta un 122,89% en términos relativos, siendo el segundo polímero que más varía esta propiedad. El esfuerzo queda dentro del error de la muestra patrón.

Pese a que en términos generales, puede intuirse que el polímero aumenta su capacidad de deformarse, podemos pensar que al igual que ocurre con otras resinas acrílicas, tras la evaporación total del solvente debiera tornarse más rígido¹¹³¹.

En cuanto al esfuerzo en el momento de la rotura, vemos que efectivamente se ha producido una disminución de la resistencia, más evidente tras la combinación

del envejecimiento Tipo B (Fig. 345 y Tabla 82), puesto que con el envejecimiento A es la que menos cambia en términos relativos. De este modo, es el polímero acrílico que presenta el comportamiento más móbido. Este aumenta su tenacidad un 40,55% tras el envejecimiento A y un 12,04% tras el B, en términos relativos como vemos en la Tabla 82 y 83.

Acril® 33 (AC): parece aumentar considerablemente su deformación tras ambos tipos de envejecimiento acelerado tal y como se aprecia en el gráfico Fig. 351. No obstante, el envejecimiento tipo A queda recogido bajo el tipo B como se aprecia en la Fig. 344. Por este motivo, no podemos discriminar el efecto de esta modalidad por separado (hasta un más que considerable 76,98% y 86,48% respectivamente, recogido en la Tabla 81).

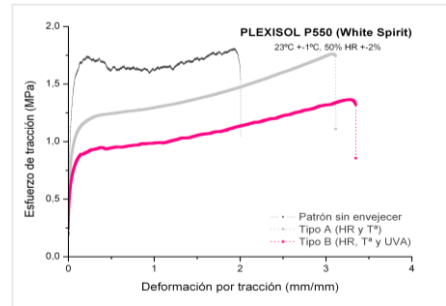


Fig. 345. Curva carga-deformación Plexisol® P550 antes y después de envejecer.

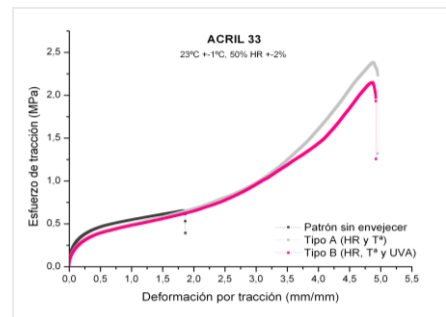


Fig. 346. Curva carga-deformación Acril® 33 antes y después de envejecer.

¹¹³¹ WOLBERS, R. *Op. cit.*, p. 117.

Del mismo modo, aumenta enormemente la tensión soportada, sin que existan diferencias claras entre los tipos A y B de envejecimiento (139,14% y 132,36% respectivamente). Observar Fig. 346. Así mismo, se produce un incremento de la tenacidad al aumentar exageradamente el área bajo la curva un 420,22% tras el envejecimiento A y 379,28 % tras el B, en términos relativos (Tabla 82 y 83).

En general, puede decirse que este polímero se deforma menos que el Plectol® B500 soportando un mayor esfuerzo. Además, presenta unas variaciones mayores respecto a las muestras no envejecidas que este polímero, aunque no se distinguen tan claramente los efectos de uno y otro tipo de envejecimiento. Exceptuando en las muestras sometidas a envejecimiento tipo A, presenta una menor tenacidad (Tabla 82 y 83).

Plectol® B500 (PLEX): muestra una evidente diferencia entre el comportamiento de las muestras antes y después de envejecer, con errores relativamente pequeños (Tabla 79 y Fig. 344).

Se produce un aumento de la carga soportada en general como se observa en la Fig. 347, la cual es más elevada en el envejecimiento tipo B (hasta un 163,98% en términos relativos), convirtiéndolo en el segundo polímero que más varía esta característica tras el funori. Además, tras el envejecimiento experimenta un notable incremento relativo de la tenacidad (A: 49,55% y B: 121,84%, en términos relativos), siendo más tenaz que el Acril® 33 con excepción de las sometidas a envejecimiento A (ver Tabla 82 y 83). Se deforma más que el anterior, aunque soporta una menor tensión.

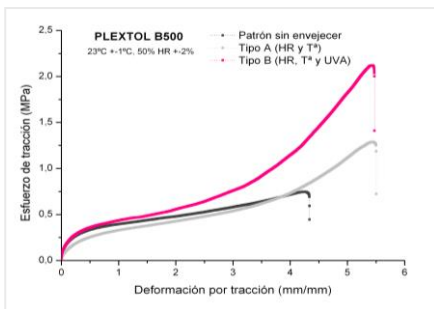


Fig. 347. Curva carga-deformación Plectol® B500 antes y después de envejecer.

Beva® 371 (BE): ambos tipos de envejecimiento producen una notable merma relativa de la deformación y tensión soportada en la rotura (A: 56,07% tensión y 76,35% deformación, frente a B: 46,61% tensión y 89,97% deformación), como recoge la Tabla 81.

No obstante, no podemos discriminar dichos programas por separado a causa de la desviación típica (Tabla 79 y Fig. 348). El polímero se hace más frágil tras el envejecimiento al reducir más de un 90% su tenacidad como vemos en la Fig. 349 y recoge la Tabla 82 y 83).

8. Selección, estudio y testado de polímeros

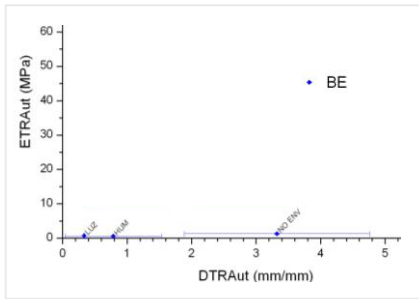


Fig. 348. BE. Esfuerzo (ETR) y deformación (DTR) en punto rotura antes y tras envejecer HUM (Tipo A) y LUZ (Tipo B).

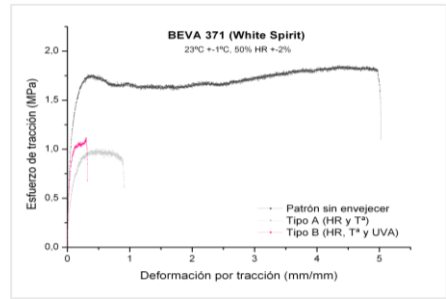


Fig. 349. Curva carga-deformación Beva® 371 antes y después de envejecer.

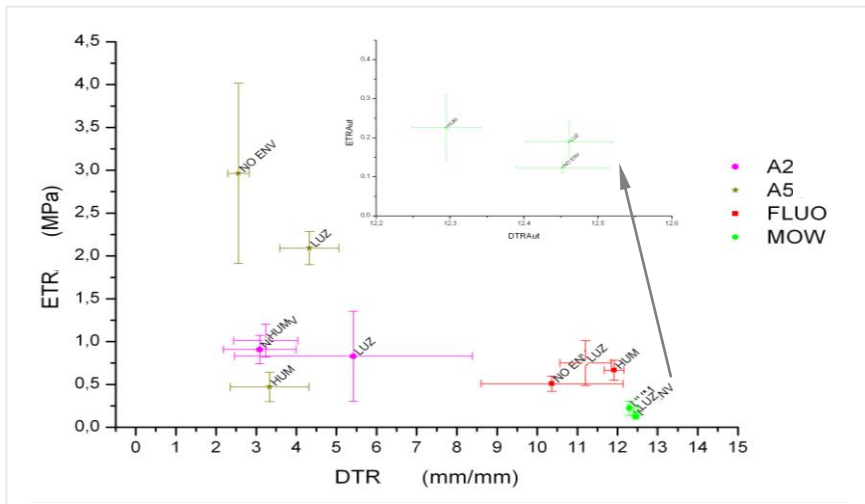


Fig. 350. A2, A5, FLU y MOW. Esfuerzo (ETR) y deformación (DTR) en el punto de rotura inicial y tras envejecer HUM (Tipo A) y LUZ (Tipo B).

Aquazol® 200 (A2): los datos obtenidos para este polímero no evidencian cambios significativos que permitan diferenciar entre las muestras no envejecidas y aquellas sometidas a envejecimiento A, tal y como se observa en la Fig. 350. El envejecimiento B engloba los resultados de los grupos anteriores bajo el elevado error (Fig. 350). Sin embargo, parece que este produce un notable incremento relativo de la deformación (B: hasta 75,54%), siendo el 4º material que presentaría mayores cambios junto al Acril® 33 y la Beva® 371, y una caída del esfuerzo (Fig. 351). Junto al Gelvatol®, es el que menos variaciones de esfuerzo presenta en la rotura.

Este se comportó como un material mórvido al igual que el Acril® o el Plextol® B500¹¹³². En general, disminuye de forma evidente la tenacidad tras el envejecimiento (Tabla 82 y 83), siendo menor que la del Aquazol® 500. Los productos Aquazol®, cuya Tg oscila de 69 a 71°C, presentan un comportamiento especial que recuerda al de los plastificantes.

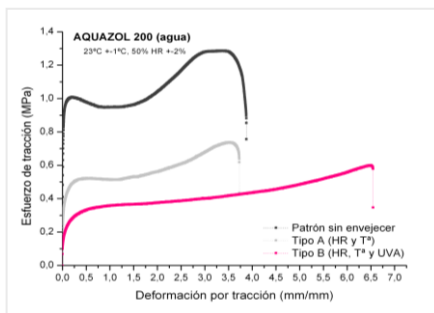


Fig. 351. Curva carga-deformación Aquazol® 200 antes y tras envejecer.

De hecho se ha experimentado su uso como aditivos para reducir la rigidez de otros polímeros. El 200 es más elástico que las colas animales, pero menos tenaz que la gelatina tras el envejecimiento.

Aquazol® 500 (A5): respecto a las muestras no envejecidas, el envejecimiento tipo A tiende a producir un aumento de la deformación de las películas secas antes de producirse su rotura (Tabla 81). Por contra, se produce una clara disminución de la resistencia del material (84,10%). El envejecimiento B tiende a una menor disminución de la tensión, y un incremento de la deformación (Fig. 350 y Fig. 352).

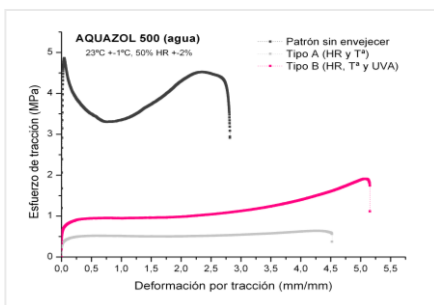


Fig. 352. Curva carga-deformación Aquazol® 500 antes y tras envejecer.

En general sufre una disminución del esfuerzo y un aumento de la deformación. El tipo A afecta más a la tensión, produciéndose más cambios que en el Aquazol® 200 (excepto la deformación Tipo B). Parece tener una mayor resistencia al Tipo B que al A, si bien, la tenacidad disminuye elevadamente tras ambos programas (Tabla 82 y 83: 77,93 y 44,75% respectivamente), siendo mayor que la del Aquazol® 200. Se deforma menos que el 200, soportando una mayor carga.

¹¹³² Acetona: alto Módulo E y tenacidad. Se plastifica con poca cantidad HR. Propiedades: no dependen evaporación del solvente. WOLBERS, R. *Op. cit.*, p. 118.

Fluoline® HY (FLU): no presenta cambios claros entre las muestras antes y tras el envejecimiento, si bien tras este parece aumentar la resistencia soportada y la deformación como observamos en la Fig. 350 y plasma la Tabla 81 y Fig. 353.

Es más estable a nivel de deformación que de tensión, registrando variaciones notables (Tabla 81). La tenacidad aumenta evidentemente también tras el envejecimiento (Tabla 82 y 83), superando a la del Mowilith® SDM5, colas animales y polímeros PEOX.

Mowilith® SDM5 (MOW): tras el envejecimiento tipo A se produce una disminución de la deformación (Fig. 350 y 354) y una aumento del esfuerzo en la rotura. El esfuerzo también aumenta con el tipo B (A: 83,11% y B: 53,34% en términos relativos), aunque debido a los errores obtenidos se solapa con el A sin que se diferencie del B.

Las variaciones en la deformación de las muestras no envejecidas y sometidas a envejecimiento B quedan solapadas. Aunque es el polímero que menos cambia, parece ser más sensible al envejecimiento tipo A. Su tenacidad aumenta mucho tras el envejecimiento (A: 67,18% y B: 55,16%), aunque se sitúa por debajo de la del Acril® 33 y Plextol® B500 (Tabla 82 y 83). Superando al elastómero Fluoline® HY, el Mowilith® SDM5 ha mostrado tener la mayor deformación y la más estable, con un valor alrededor de 1.200%, coincidiendo con Howells *et Al* (Mowilith® DM5)¹¹³³.

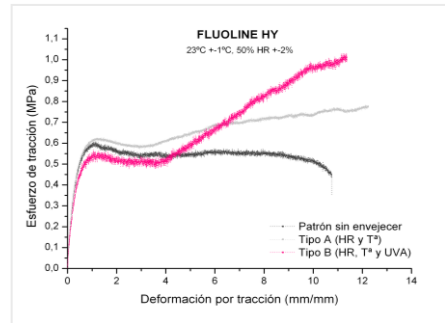


Fig. 353. Curva carga-deformación Fluoline® HY antes y tras envejecer.

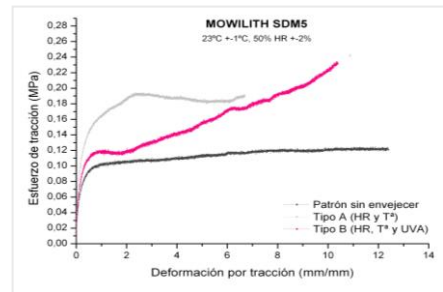


Fig. 354. Curva carga-deformación Mowilith® SDM5 antes y tras envejecer.

¹¹³³ Cfr. HOWELLS, R., *et Al*. "Polymer Dispersions Artificially Aged". *Adhesives and Consolidants*. Preprints Paris Congress. London: IIC, 1984, p. 40.

8.3.6.4. Discusión general comportamiento mecánico:

Aparte de conocer cómo afecta el envejecimiento a los distintos polímeros testados, los resultados alcanzados son de gran utilidad a fin de comprender la función para la que está indicada cada material ajustando correctamente su uso. Pues, en ocasiones algunos polímeros han sido empleados indistintamente como adhesivos y consolidantes, dando resultados inadecuados. De ahí que este punto se centre en este aspecto.

Tabla. 84. Naturaleza y principal función de los polímeros seleccionados.

Abrev.	Producto	Función	Observaciones
CE	Cola de esturión	Consolidante/adhesivo	Formación de geles.
GE	Gelatina	Consolidante/adhesivo	Formación de geles. Encoge.
FU	Funori	Consolidante/adhesivo	Relativa viscosidad
JU	JunFunori®	Consolidante/adhesivo	Relativa viscosidad
MHEC	Tylose® MH 300P	Consolidante/adhesivo	Elevada viscosidad. Escaso poder adhesivo. Encoge.
KL	Klucel® G	Consolidante/adhesivo	Elevada viscosidad Escaso poder adhesivo. Degradación química por fotooxidación
PV	Gelvato®	Consolidante/adhesivo. Mejor comportamiento consolidante	Adhesivo suave. Flexible con alta HR y rígido con baja HR
A20	Aquazol® 200	Adhesivo/consolidante	adhesión < A5 y BE. Influencia HR Penetración > A5
A50	Aquazol® 500	Adhesivo/consolidante	adhesión < BE y > A2 Adhesivo ligero. Influencia HR
PLE	Plexisol® P-550	Mejor adhesivo que consolidante	Se ha usado indistintamente. Adhesión < BE. Reticulación
PLEX	Plextol® B-500	Adhesivo	Espesado con Klucel® G o disolventes. Limitado uso como consolidante.
AC	Acril® 33	Adhesivo	Empleado como consolidante en pintura mural. Espesado con disolventes. Limitado uso como consolidante.
MOW	Mowilith® SDM5	Adhesivo	Elevado nivel de amarilleo.
BE	Beva® O.F. 371	Mejor adhesivo que consolidante	Se ha usado indistintamente
PA	Paraloid® B-72	Consolidante/adhesivo	Comportamiento influenciado por solvente. Sensible a la humedad.
FLU	Fluoline® HY	Agregante	Engloba polvo ambiental

Según lo aportado tanto en los capítulos 5-6-7, como en el actual, los polímeros del **grupo 1** (gelatina tipo B, cola de esturión, Tylose® MH 300P, JunFunori®, Paraloid® B72 y funori), representados en la Fig. 331, pese a sus buenas propiedades adhesivas, destacan por sus propiedades consolidantes y buena penetración (Tabla 84 y 85).

Tal y como señalamos en el punto 8.1.1.6.1, la resistencia máxima (σ_u) que alcanza un polímero, nos da una idea aproximada de su fuerza cohesiva. Así, con valores menores de esfuerzo en la rotura, los polisacáridos tendrán en principio unos niveles de cohesión inferiores que los del éter de celulosa modificado Tylose® MH300P, el Paraloid® B72 tras envejecer, o el de la gelatina y cola de esturión. Según las fuentes consultadas, la cohesión que proporcionarán los polisacáridos al ser usados como consolidantes será suficiente en el caso de estratos finos pulverulentos o porosos.

Tabla. 85. Clasificación polímeros según valores carga σ y deformación ϵ .

G.	Polímeros	Rango
1	gelatina tipo B cola de esturión Tylose® MH 300P JunFunori® Paraloid® B72* funori	σ : 0,5-90 MPa ϵ : <0,5 mm/mm *(>1 mm/mm)
2	Gelvato® y Klucel® G	σ : 2-15MPa ϵ : 0,5 -1,8 mm/mm
3	Plexisol® P550, Aquazol® 500, Acril® 33, Aquazol® 200, Beva® 371, Plectol® B500, Fluoline® HY y Mowilith® SDM5	σ : <2 MPa ϵ : 1-13 mm/mm

Teóricamente, el funori muestra una mayor resistencia a la rotura que el derivado purificado JunFunori®, sin embargo la partida de JunFunori® testada en la presente tesis ha obtenido un mayor módulo E y nivel de esfuerzo que el anterior (Tabla 72 y 79), lo que puede indicar la presencia de impurezas y una mayor cohesión interna¹¹³⁴.

Las colas animales suelen proporcionar los mejores resultados en cuanto a consolidación, con

resistencias en la rotura nunca inferiores a los 2,8 MPa, según los estudios desarrollados. Por ejemplo, la gelatina ha demostrado ser uno de los mejores consolidantes para el *gouache*¹¹³⁵. Estos materiales, que pasaron a un segundo plano con la introducción de los polímeros sintéticos y sus promesas de estabilidad y durabilidad, aún conociendo sus problemas ante niveles altos de humedad relativa¹¹³⁶, están siendo de nuevo revalorizados a causa de sus

¹¹³⁴ Se han detectado problemas de producción a partir de 2006, especialmente con partidas de 2008. Cfr. MICHEL, F. "Funori and JunFunori: Two Related Consolidants With Surprising Properties". *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

¹¹³⁵ Cfr. ROCHE, A., OTTOLINI, S., RIGGIARDI, D. "Studio meccanico del potere consolidante di alcuni adesivi in rapporto a cariche e pigmenti utilizzati in pittura". *L'attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso CESMAR7. Milano, 21-22 novembre 2008. Saonara: Il Prato, 2009, p. 153. CHE, A., DESSENNES, L. "The Consolidation of Flaking Gouache on Japanese Paper". *Restaurator, International Journal for the Preservation of Library and Archival Material*. Volume 23, Nº 4, 2002.

¹¹³⁶ Los consolidantes deberían desarrollar un esfuerzo mínimo de 27 MPa para poder ser empleados en condiciones no controladas con elevados niveles de

características intrínsecas y de su viabilidad en el tratamiento de superficies sensibles al agua mediante nebulización por ultrasonidos. De hecho, se está experimentando el uso de aditivos (ej. polímeros PEOX) para modificar su excesiva rigidez¹¹³⁷. Además, la producción controlada de la gelatina garantiza su calidad y su selección en función del grado *Bloom*¹¹³⁸.

No obstante, como señalábamos, los materiales de este grupo, pueden utilizarse también como adhesivos formando uniones más rígidas y resistentes en cuanto a esfuerzo que los materiales del grupo 2 o 3 (Fig. 331), lo que hace que estén indicados en el tratamiento de soportes o estratos menos flexibles (ej. Paraloid® B72). Al respecto, destacar la interesante capacidad de los polímeros de proteína de formar geles (paso reversible de sol-gel mediante la temperatura) o *mousses*, la viscosidad de la Tylose® MH300P (adhesivo débil) y la de los polisacáridos (viscosidad relativa), muy valorada en el tratamiento de estratos porosos o mates (adhesión suave). Por sus características cabrá vigilar su penetración, siendo factible la realización de mezclas para aumentar su viscosidad o disminuir el brillo¹¹³⁹.

Los polímeros del **grupo 2** (Gelvatol® y Klucel® G), representados en la Fig. 331 y Tabla 85, soportan una menor carga de rotura que la mayoría del grupo anterior (excepto Paraloid® B72 y funori), si bien, tienen una mayor capacidad de elongación hasta la rotura, la cual es menor que los del grupo 3. De ahí que su uso pueda estar indicado para el tratamiento de estratos con cierta flexibilidad.

humedad relativa. MECKLENBURG, M.F., LÓPEZ FUSTER, L. "Meccanismi di cedimento nei dipinti su tela: approcci per lo sviluppo di protocolli di consolidamento". *L'attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2006, p. 56.

¹¹³⁷ Cfr. ROCHE, A., OTTOLINI, S., RIGGIARDI, D. *Op. cit.*, p. 153. Cfr. FRIEDMAN, A. "Plasticizing Gelatin with Aquazol® -50 or Klucel® GF". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

¹¹³⁸ Cfr. CURTIS, A., UCHIDA, Y. "Which Gelatine to use? The choices for conservators". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

¹¹³⁹ *Ibidem*. Cfr. SOPPA, K., LAASER, T., KREKEL, C. "Visualizing the Penetration of Adhesives Using Fluorescent Labelling". *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

Utilizados tanto como adhesivos y consolidantes, el Klucel® G se ha empleado con frecuencia en la consolidación de temples, aunque presenta una mala estabilidad química frente a la fotooxidación¹¹⁴⁰. El uso del Gelvatol® está más indicado como consolidante que como adhesivo debido a su elevada respuesta dimensional frente altos niveles de humedad relativa. Este material es el que mayor cantidad de energía absorbió antes de su rotura, siendo el más tenaz de los ensayados (ver Tabla 82 y 83). De hecho, junto al Aquazol® 200, ha proporcionado buenos resultados a nivel de consolidación según Soppa *et Al*¹¹⁴¹.

Los materiales pertenecientes al **grupo 3** (Plexisol® P550, Aquazol® 500, Acril® 33, Aquazol® 200, Beva® 371, Plectol® B500, Fluoline® HY y Mowilith® SDM5), tal y como representa la Fig. 331 y recoge la Tabla 86, corresponden fundamentalmente al grupo de los adhesivos, con excepción de dos materiales de características especiales, el Fluoline® HY que es un elastómero fluorado con acción reagregante utilizado con éxito en el tratamiento de temples contemporáneos y el Aquazol® 200 más empleado como consolidante que como adhesivo, frente al Aquazol® 500¹¹⁴². La utilización de estos productos estaría indicada en el tratamiento de estratos o soportes con mayor capacidad de elongación.

Como vimos en el punto 8.1.3.6.1 y 8.1.3.6.3, los materiales de este grupo poseen un comportamiento mecánico móbido y una capacidad de deformación notable con cargas pequeñas. Hay que decir, que la mayoría de las aplicaciones en restauración se benefician de adhesivos flexibles o semiflexibles y más resistentes (para sustratos semirígidos como la madera o rígidos como la cerámica). Así, el adhesivo debe imitar la flexibilidad y resistencia del sustrato, siendo estable tras el envejecimiento¹¹⁴³.

¹¹⁴⁰ COLOMBO, A., MINOTTI, D., MECKLEBURG, M., CREMONESI, P., ROSSI DORIA, M. *Op. cit.*, p. 40.

¹¹⁴¹ Cfr. SOPPA, K., LAASER, T., KREKEL, C. *Op. cit.*

¹¹⁴² El Aquazol® 500 puede usarse también como consolidante, pero penetra menos que el 200. ARSLANOGLU, J. "Evaluation of the use of Aquazol as an adhesive in painting conservation". *WAAC Newsletter*. Vol. 25, nº 2, 2003. ARSLANOGLU, J. "Aquazol as used in conservation practice". *WAAC Newsletter*. Vol. 26, nº 1, 2004. Variaciones evidentes del Aquazol® 200 frente al envejecimiento fotooxidativo. COLOMBO, A., MINOTTI, D., MECKLEBURG, M., CREMONESI, P., ROSSI DORIA, M. *Op. cit.*, p. 40.

¹¹⁴³ Los mejores adhesivos tienen curvas tipo D y los consolidantes tipo C (resistentes, fuertes y con propiedades mecánicas estables). WOLBERS, R. *Op. cit.*, pp. 116-120.

La Beva® 371 y el Plexisol P550®, han mostrado tener un mejor comportamiento como adhesivos que como consolidantes¹¹⁴⁴, lo cual tiene sentido a tenor de su comportamiento mecánico (Tabla 79), pues todo indica que pudieran proporcionar una resistencia mecánica baja tras consolidar (cohesión débil). Además, está el tema del tamaño de las partículas de la Beva® 371, al igual que el de las emulsiones coloidales Plexitol® B500 y Acril® 33, y el riesgo de formación de *films* superficiales al usarse como consolidantes en pinturas con pigmentos finos (Tabla 29 y 30). Según algunos investigadores, el Plexisol P550® proporciona una menor adhesión que la Beva® 371. En las muestras ensayadas el primero ha alcanzado unos niveles mayores de esfuerzo que la segunda¹¹⁴⁵, la cual se deforma más al inicio que Plexisol P550®, pero menos tras el envejecimiento (Tabla 79).

Tras hacer hincapié en la función de cada polímero, procederemos a realizar una síntesis de los resultados obtenidos en cuanto a su resistencia a los programas de envejecimiento acelerado seleccionados. Cabe señalar que tanto el programa tipo A como el B, han modificado las propiedades mecánicas de los polímeros testados.

Las colas proteicas son los materiales que menos han variado el módulo E tras el envejecimiento en general. El Plexitol® B500, la gelatina, el Fluoline® HY, la cola de esturión y el funori, mostraron las menores variaciones tras el envejecimiento tipo A. El Mowilith® SDM5, Acril® 33, Gelvatol® y la cola de esturión fueron los más estables tras el envejecimiento tipo B. Esto significa, que la cola de esturión es la más resistente en ambas situaciones.

Cabe destacar la excesiva sensibilidad de algunos materiales al primer tipo de envejecimiento (A), con variaciones del módulo E del 16% al 199,91% en términos relativos: Tylose® MH 300P, Gelvatol®, JunFunori®, Beva® 371, Acril® 33, Plexisol® P550, Aquazol® 200, Paraloid® B72, Aquazol® 500 y Paraloid® B72. Así como al segundo (B), con variaciones del 16% al 392,67% aproximadamente: gelatina tipo B, Fluoline® HY, Klucel® G,

DOWN, J. L., McDONALD, M.A. TÉTREAUULT, J., WILLIAMS, R. S. *Op. cit.*, pp. 17-18.
DOWN, J. "Adhesive Testing at the Canadian Conservation Institute, Past and Future". *Adhesives and Consolidants*. Preprints of the Contributions to the Paris Congress. London: IIC, 1984, p. 19.

¹¹⁴⁴ Cfr. ROCHE, A., OTTOLINI, S., RIGGIARDI, D., *Op. cit.*, p. 153.

¹¹⁴⁵ Adhesivo suave, registra esfuerzos bajos. Tras 10 años, pierde consistencia mecánica debido a su despolimerización. COLOMBO, A., MINOTTI, D., MECKLENBURG, M., CREMONESI, P., ROSSI DORIA, M. *Op. cit.*, pp. 40-44.

Tylose® MH 300P, JunFunori®, Aquazol® 200, Beva® 371, Plexisol® P550, Aquazol® 500, funori, Plextol® B500 y Paraloid® B72.

De ahí que pueda decirse que la Tylose® MH300P (pierde rigidez), el JunFunori® (aumenta la rigidez), Aquazol® 200 y 500 (pierden rigidez), Beva® 371 (pierde rigidez tras el envejecimiento tipo A y la aumenta tras el B) y Paraloid® B72 (aumenta exageradamente rigidez) presentaron una mayor inestabilidad tras el envejecimiento por lo que se refiere al Módulo E.

La Tylose® MH300P, funori, Gelvatol® y Plexisol® P550 aumentaron la zona elástica tras el envejecimiento, y por tanto la reversibilidad de la deformación, lo cual podría considerarse como algo positivo. El Klucel® G, Fluoline® HY, Aquazol® 500, lo hicieron tras el programa tipo B, mientras que el Aquazol® 200 y Acril® 33, incrementaron esta zona tras el tipo A. Pierden capacidad de deformación la Beva® 371, JunFunori®, Acril® 33 (este último, aumenta con el tipo A) y el Paraloid® B72.

Si hablamos de los valores de carga y deformación en el momento de la rotura, los polímeros más estables al envejecimiento tipo A, fueron el Plexisol® P550 y el Aquazol® 200 en cuanto al esfuerzo, y el Mowilith® SDM5, Aquazol® 200, cola de esturión, gelatina, JunFunori®, funori y Fluoline® HY respecto a la deformación.

Por su parte, los más estables al envejecimiento tipo B, fueron el Gelvatol®, Aquazol® 200 y cola de esturión, respecto a la variación de los valores de esfuerzo. El Mowilith® SDM5, Klucel® G, Fluoline® HY y gelatina fueron los que menos modificaron el valor de deformación.

De forma pormenorizada, han mostrado una elevada sensibilidad al envejecimiento tipo A, el Paraloid® B72, Mowilith® SDM5, Aquazol® 500, funori y Acril®33 respecto al esfuerzo, y el Plexisol® P550, Paraloid® B72, Acril® 33 y Beva® 371 en cuanto a la deformación. El Acril® 33, Plextol® B500 y funori variaron su esfuerzo y el Acril® 33, Beva® 371, su deformación tras el tipo B. El Paraloid® B72 varió ambas propiedades con la pérdida de solvente.

Según los resultados obtenidos, en términos generales, los polímeros que menos modifican el esfuerzo en el momento de la rotura tras el envejecimiento son el Aquazol® 200, seguido por la cola de esturión con algunos valores por encima del 15% de variación. El Mowilith® SDM5, Fluoline® HY y gelatina son los que menos varían la capacidad de deformación. Sin embargo, la gelatina encoge.

Los menos estables en cuanto a la carga soportada en el momento de la rotura son el funori y el Acril® 33. El Acril® 33, Paraloid® B72 y Beva® 371

son los más inestables respecto a la deformación. En conjunto, el Paraloid® B72 y el Acril® 33 son los polímeros que cualitativamente más ha cambiado sus valores de carga y deformación tras el envejecimiento¹¹⁴⁶.

La información obtenida tras los ensayos de carga deformación, puede ayudarnos en la selección de los materiales teniendo en cuenta las condiciones ambientales a las que regresarán las obras tras su intervención, y si estas están o no controladas. Así como a entender algunos problemas de conservación en obras intervenidas anteriormente. Los polímeros que han mostrado una excesiva sensibilidad a alguno de los programas de envejecimiento quedarían descartados en estos casos, apostando por prescribir el uso de aquellos más estables dentro de un rango de seguridad.

Debemos tener presente además, la respuesta dimensional de dichos materiales, evitando el uso de aquellos que tengan una reacción excesiva en condiciones no controladas. Pensemos en la elevada respuesta dimensional del alcohol Mowiol® (PVAI), en el descenso de la Tg de la cola de esturión ante elevados niveles de humedad relativa, en la sensibilidad del Paraloid® B72 o en la de los productos Aquazol®, tal y como vimos en los capítulos 5 y 6, las cuales podrían producir fallos cohesivos o adhesivos.

8.3.6.5. Resumen general resultados Capítulo 8:

El presente apartado integra gráficamente todos los resultados obtenidos en los puntos anteriores. En cada uno de los 16 polímeros testados, se incluyen dos gráficos radiales y una tabla. El primero corresponde a los valores de cada una de las mediciones realizadas y el segundo, a las variaciones en % y al valor ΔE^* . En este último se ha añadido una línea imaginaria de puntos con una variación positiva y negativa del 15% y un valor de $\Delta E^* > 2$, a fin de establecer una posible frontera entre los cambios aceptables y no aceptables. A su vez, la tabla recoge información básica y una codificación de datos: “+” o “-”, según su aumento o disminución, “sí” o “no” si la variación se consideraría aceptable ($\leq 15\%$) o no ($> 15\%$); y “<” o “>” si ΔE^* es mayor o menor en el envejecimiento A o B. Ver Tabla 86-101.

¹¹⁴⁶Alcanza elevados niveles de acidez tras un largo envejecimiento lumínico según Down. Cfr. DEMUTH, P., VOGEL, H., NÄGLER, C., REUBER, L. LECHUGA, K. “Review: Adhesives for Thread-by-Thread Tear Mending in Torn Fabric-Supported Paintings”. *Proceedings Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12], p. 18.

1. Gelatina B (GE):

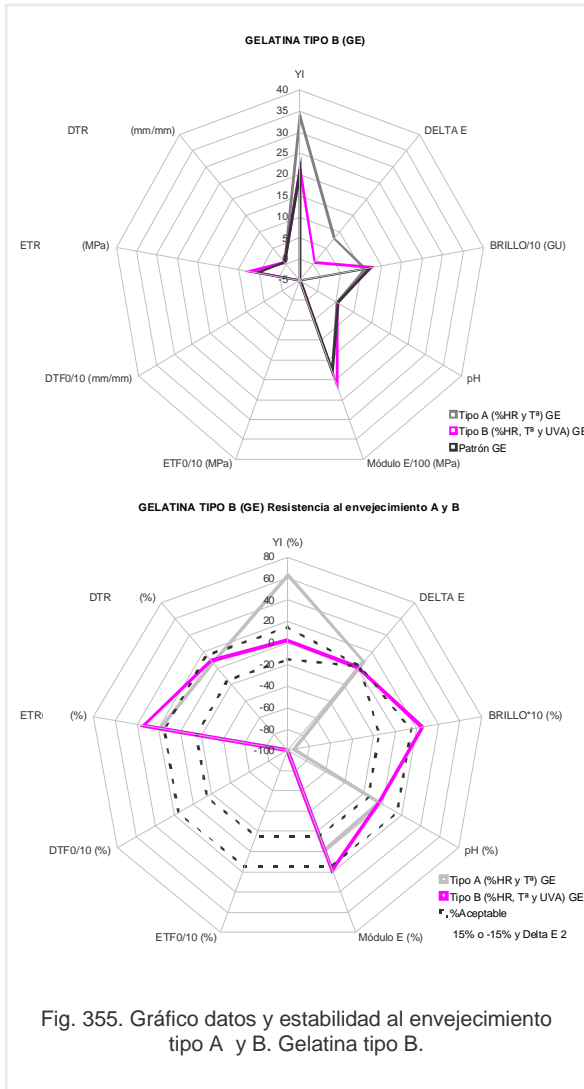


Tabla. 86.

Gelatina B			
Tipo	Proteína		
Grupo	1		
Uso	Adhesivo y consolidante		
Aspecto	Films transparentes coloreados y brillantes		
E. A	E. B	OK (A)	OK (B)
YI			
+	-	No	Sí
ΔE*			
A	No	Sí
Brillo			
-	+	No	No
pH			
ácido	ácido	sí	sí
Módulo E			
-	+	Sí	No
ETF			
DTF			
ETR			
+	+	No	No
DTR			
=	=	Sí	Sí
Comentarios			
Parece tener más poder cohesivo y tenacidad que la cola de esturión.			
Encoge.			
pH supera niveles de seguridad.			

E.A.: Envejecimiento A. E.B.: Envejecimiento B.			

2. Cola de esturión (CE):

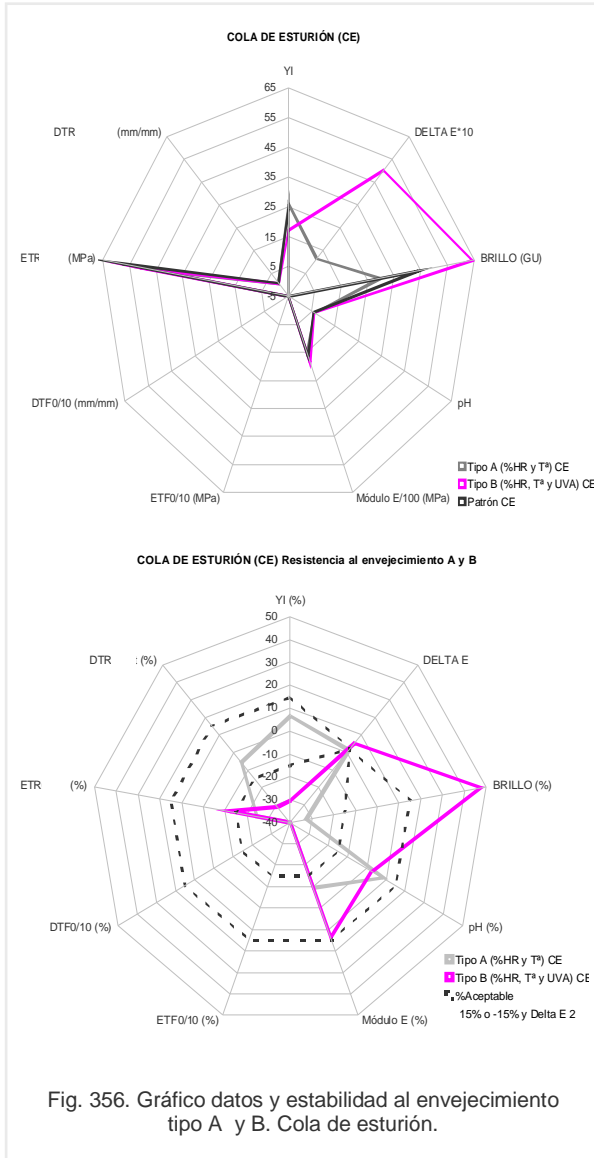


Tabla. 87.

Cola de esturión				
Tipo	Proteína			
Grupo	1			
Uso	Adhesivo y consolidante			
Aspecto	Films transparentes coloreados de bajo brillo			
E. A	E. B	OK (A)	OK (B)	
YI				
+	-	Sí	No	
ΔE*				
A	Sí	No	
Brillo				
-	+	No	No	
pH				
ácido	ácido	Sí	Sí	
Módulo E				
-	+	Sí	Sí	
ETF				
DTF				
ETR				
-	-	No	Sí	
DTR				
-	-	Sí	No	
Comentarios				
Menor resistencia máxima a la rotura y tenacidad que la gelatina.				
Sensible a la humedad, los films se hinchan y son fácilmente removibles. No encoge.				
pH ácido dentro del margen de seguridad.				
Pérdida propiedades tras envejecimiento. Más afectado por tipo B.				
Menor amarillo que la Gelatina tras el envejecimiento.				

E.A.: Envejecimiento A.				
E.B.: Envejecimiento B.				

3. Tylose® MH300P (MHEC):

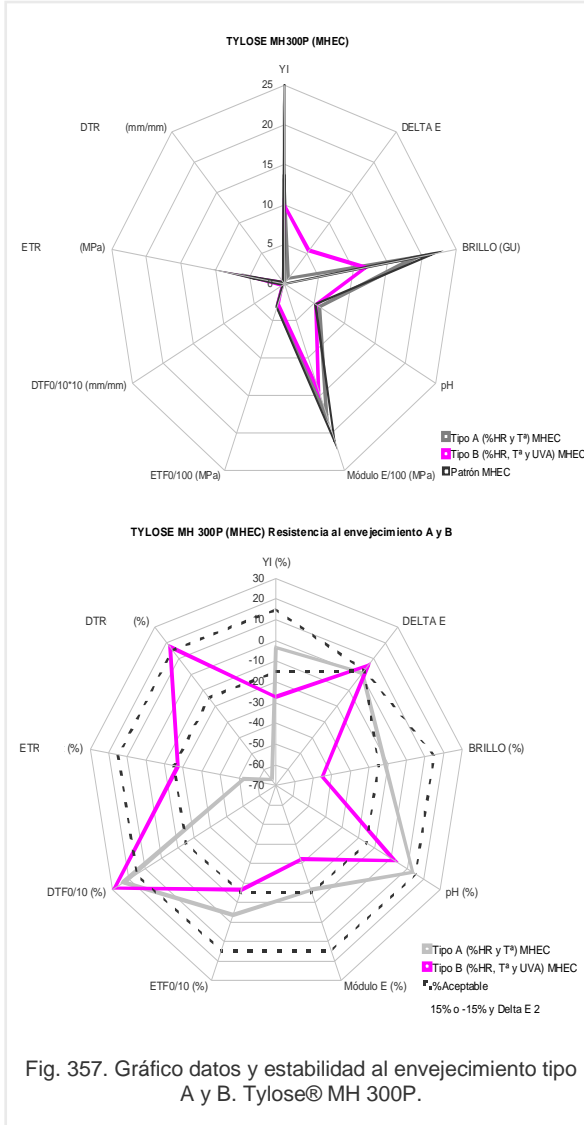


Tabla. 88.

Tylose® MH300P				
Tipo	Éter de celulosa			
Grupo	1			
Uso	Adhesivo y consolidante			
Aspecto	Films translúcido blanquecino, satinado-medio.			
E. A	E. B	OK (A)	OK (B)	
YI				
-	-	Sí	No	
ΔE*				
A	Sí	No	
Brillo				
-	-	Sí	No	
pH				
ácido	ácido	Sí	Sí	
Módulo E				
-	-	No	No	
ETF				
-	-	Sí	No	
DTF				
+	+	No	No	
ETR				
-	-	No	No	
DTR				
-	+	No	No	
Comentarios				
Viscoso. Considerable resistencia máxima en la rotura. Más sensible Envejecimiento tipo B (excepto pH y valores carga-def). Encoge. ----- E.A.: Envejecimiento A. E.B.: Envejecimiento B.				

4. Paraloid® B72:

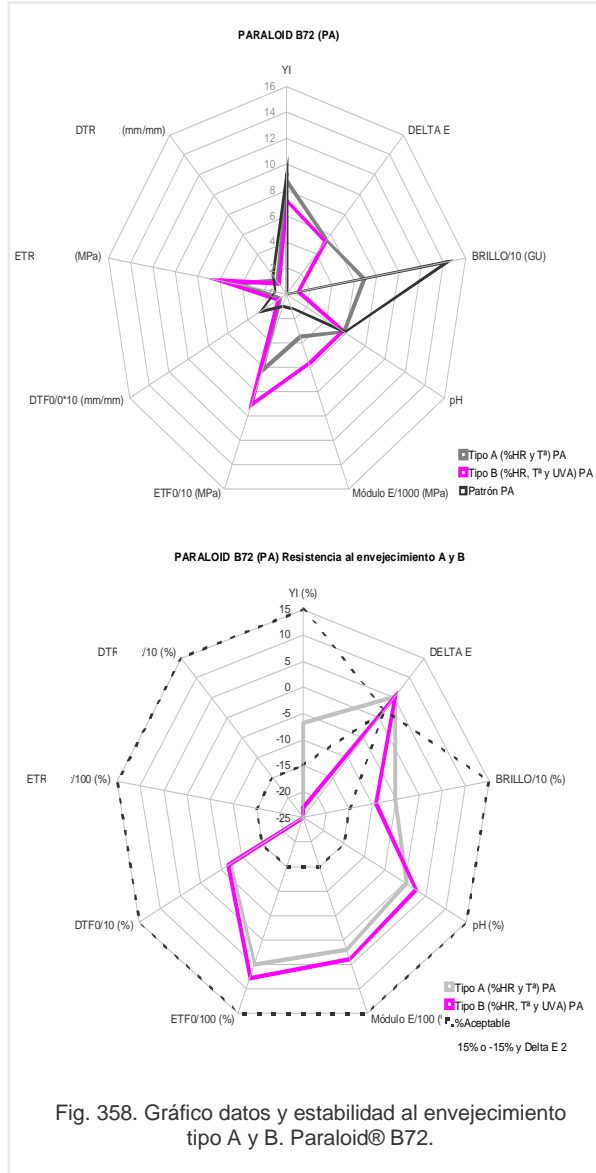


Fig. 358. Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A y B. Paraloid® B72.

Tabla. 89.

Paraloid® B72				
Tipo	Copolímero acrílico			
Grupo	1			
Uso	Adhesivo y consolidante			
Aspecto	Films transparentes y brillantes			
E. A	E. B	OK (A)	OK (B)	
YI				
-	-	Sí	No	
ΔE*				
>B	<A	No	No	
Brillo				
-	-	No	No	
pH				
ácido	ácido	Sí	Sí	
Módulo E				
+	+	No	No	
ETF				
+	+	No	No	
DTF				
-	-	No	No	
ETR				
+	+	No	No	
DTR				
-	-	No	No	
Comentarios				
<p>Afectado por el envejecimiento, más sensible al B. El más rígido. Capacidad plastificante del solvente con espectacular pérdida propiedades ligada a evaporación. Comparable a la GE por valores esfuerzo tras envejecer. Deformación > 1 mm/mm, le aproxima a grupo 2 con los valores de resistencia del 1.</p> <p>-----</p> <p>E.A.: Envejecimiento A. E.B.: Envejecimiento B.</p>				

5. JunFunori® (JU):

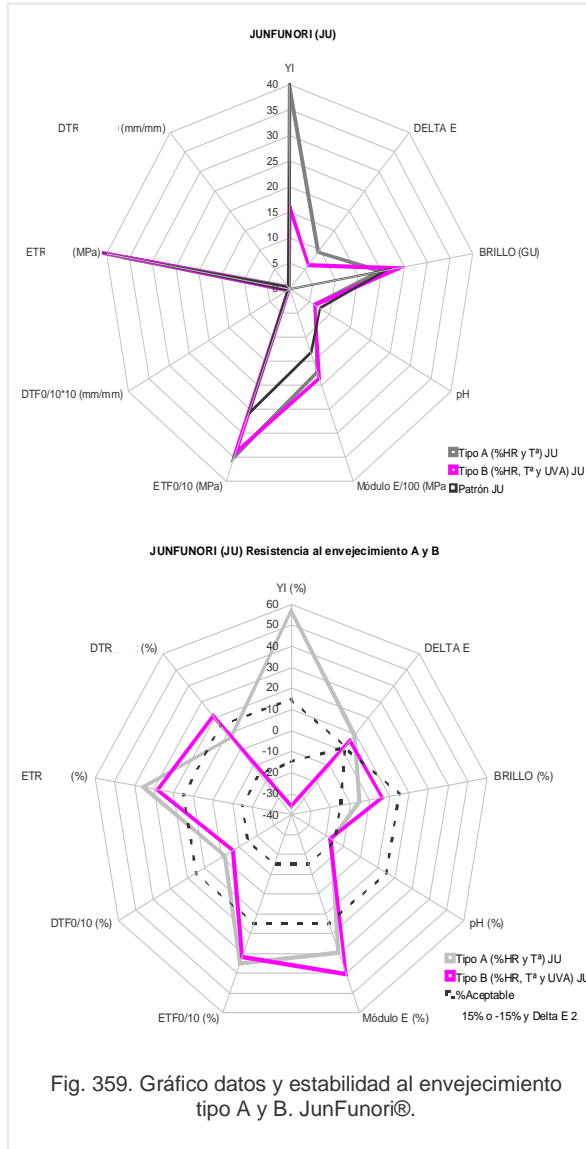


Fig. 359. Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A y B. JunFunori®.

Tabla. 90.

JunFunori®				
Tipo	Polisacárido			
Grupo	1			
Uso	Consolidante y adhesivo suave			
Aspecto	Film coloreado satinado medio			
E. A	E. B	OK (A)	OK (B)	
YI				
+	-	No	No	
ΔE*				
>B	<A	No	No	
Brillo				
-	+	Sí	Sí	
pH				
	ácido	No	No	
Módulo E				
+	+	No	No	
ETF				
+	+	No	No	
DTF				
=	-	Sí	No	
ETR				
+	+	No	No	
DTR				
=	-	Sí	No	
Comentarios				
Parece sufrir menos cambios que el Funori.				
Pérdida reversibilidad deformación.				
pH dentro rango seguridad.				
La tenacidad aumenta tras el envejecimiento tipo A y disminuye tras el tipo B.				
Detectados y corroborados problemas de producción desde 2006 (F. Michel).				

E.A.: Envejecimiento A.				
E.B.: Envejecimiento B.				

6. Funori (FU):

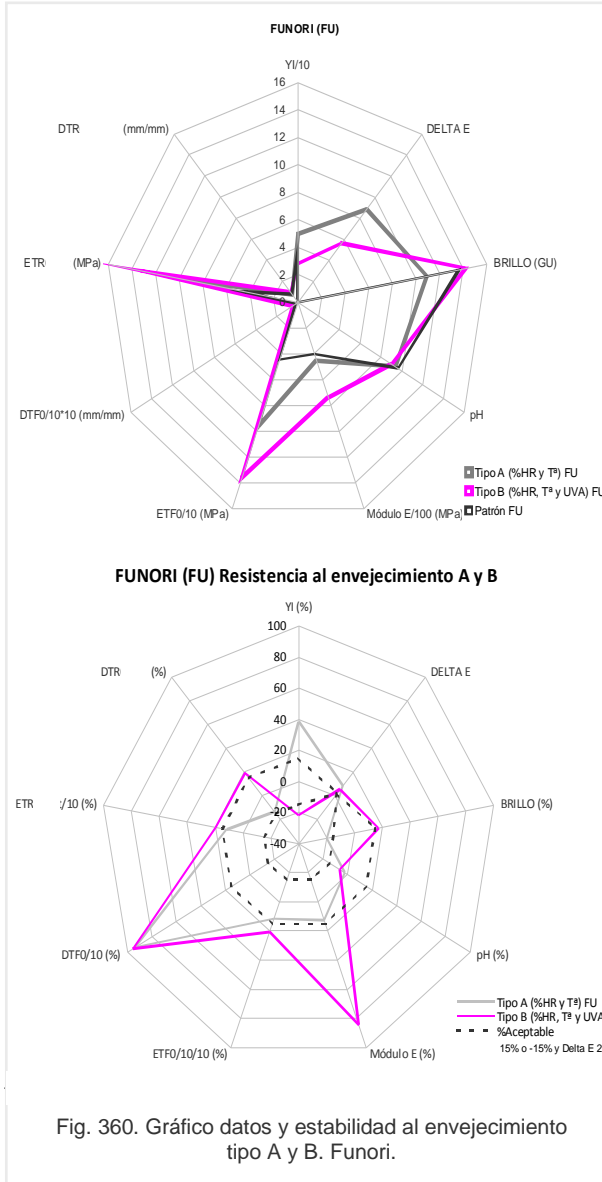


Tabla. 91.

Funori			
Tipo	Polisacárido		
Grupo	1		
Uso	Consolidante y adhesivo suave		
Aspecto	Film anaranjado mate a satinado		
E. A	E. B	OK (A)	OK (B)
YI			
+	-	No	No
ΔE*			
>B	<A	No	No
Brillo			
-	+	No	No
pH			
básico		No	No
Módulo E			
+	+	Sí	No
ETF			
+	+	Sí	No
DTF			
+	+	No	No
ETR			
+	+	No	No
DTR			
-	+	Sí	No
Comentarios			
pH fuera del rango de seguridad.			
Controlar fecha de producción.			
Cierta reversibilidad de la capacidad de deformación.			
La tenacidad disminuye tras el tipo A y aumenta tras el B, aunque es uno de los menos tenaces al inicio y al envejecer tras la BE y JU.			

E.A.: Envejecimiento A.			
E.B.: Envejecimiento B.			

7. Gelvatol® (PV):

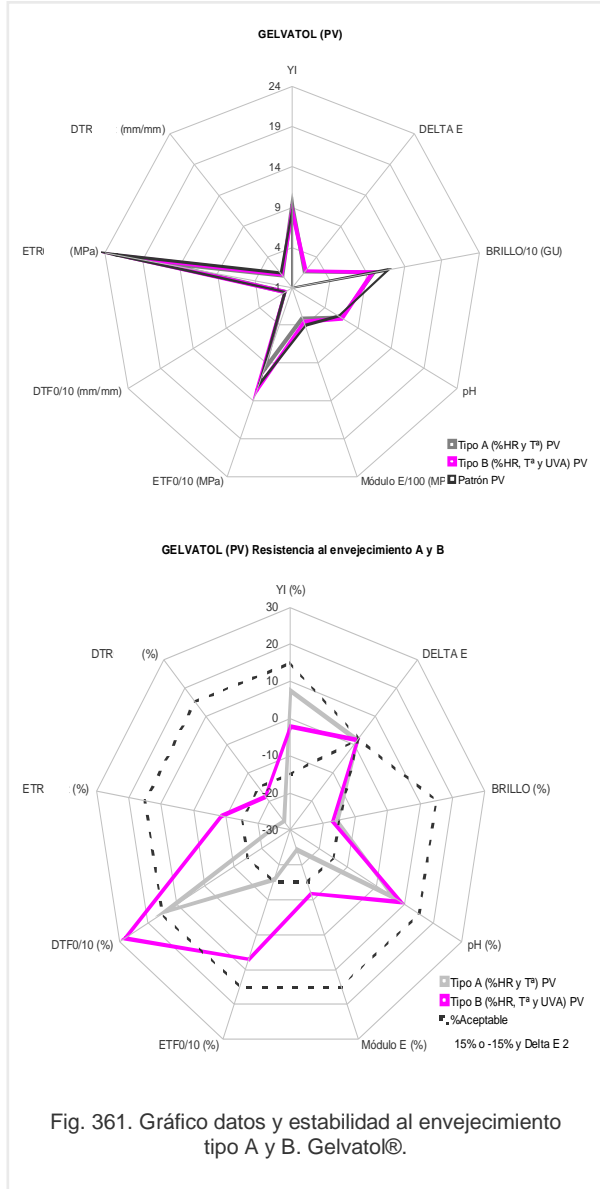


Tabla. 92.

Gelvatol®				
Tipo	Homopolímero vinílico, PVAI			
Grupo	2			
Uso	Mejor como consolidante			
Aspecto	Film transparente brillante			
E. A	E. B	OK (A)	OK (B)	
YI				
+	-	Sí	Sí	
ΔE*				
A	Sí	Sí	
Brillo				
-	-	No	No	
pH				
ácido		Sí	Sí	
Módulo E				
-	-	No	Sí	
ETF				
-	+	No	Sí	
DTF				
+	+	Sí	No	
ETR				
-	-	No	Sí	
DTR				
-	-	No	No	
Comentarios				
pH dentro del rango de seguridad.				
Bastante estable.				
Disminuye rigidez y tenacidad en general.				
Aumenta capacidad de recuperación con desplazamiento zona de fluencia a la derecha.				

E.A.: Envejecimiento A.				
E.B.: Envejecimiento B.				

8. Klucel® G (KL):

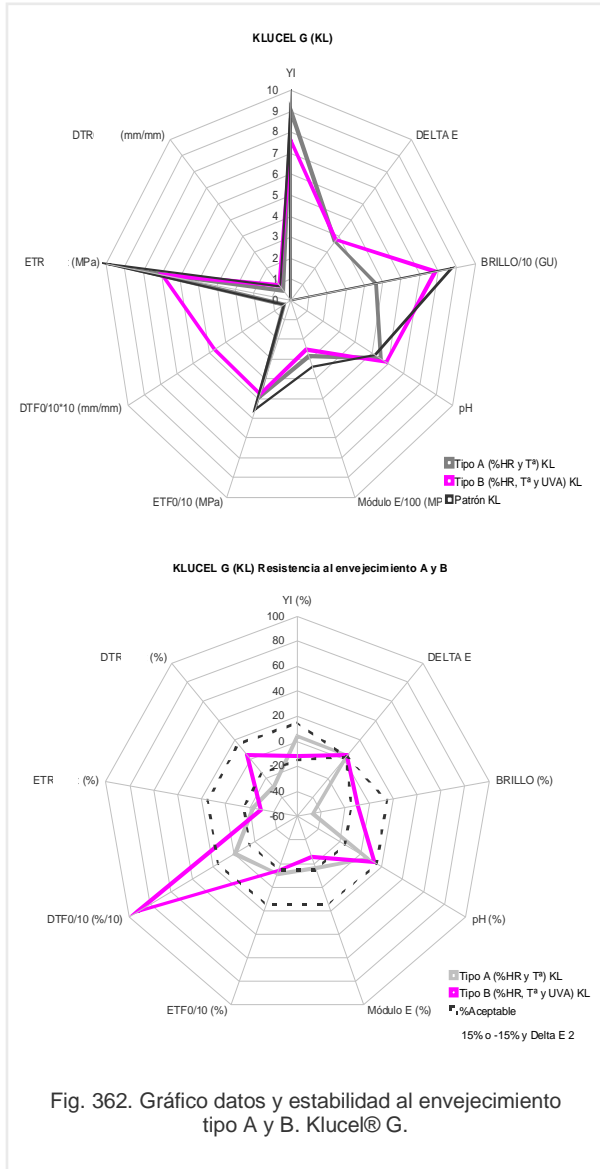


Tabla. 93.

Klucel® G			
Tipo	Éter celulosa modificado		
Grupo	2		
Uso	Adhesivo y consolidante		
Aspecto	Film transparente brillante		
E. A	E. B	OK (A)	OK (B)
YI			
+	-	Sí	Sí
ΔE*			
A	No	No
Brillo			
-	-	No	Sí
pH			
ácido		Sí	Sí
Módulo E			
-	-	No	No
ETF			
-	-	Sí	Sí
DTF			
=	+	Sí	No
ETR			
-	-	No	No
DTR			
-	+	No	Sí
Comentarios			
pH dentro márgenes seguridad. Reduce la tenacidad. Parece producirse un aumento de la recuperación de la deformación (tipo B).			
Más afectado por envejecimiento B, exceptuando el brillo y la deformación en la rotura.			
Problema despolimerización fotooxidativa. Utilizado en la consolidación de temples.			
----- E.A.: Envejecimiento A. E.B.: Envejecimiento B.			

9. Plexisol® P550 (PLE):

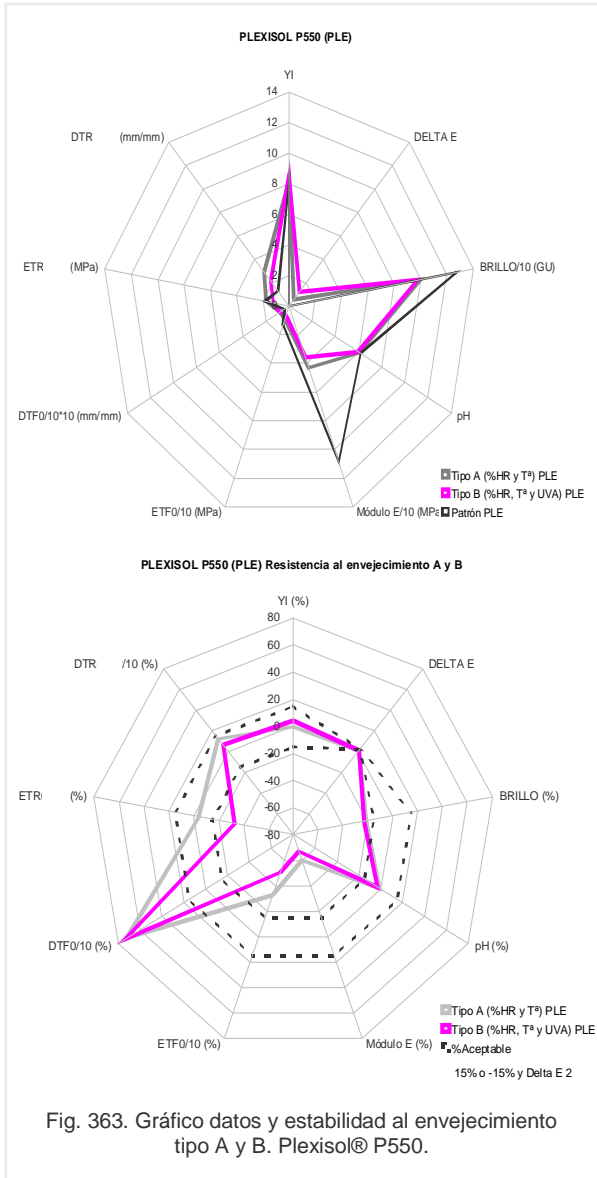


Tabla. 94.

Plexisol® P550				
Tipo	Homopolímero acrílico			
Grupo	3			
Uso	Mejor como adhesivo			
Aspecto	Film transparente brillante			
E. A	E. B	OK (A)	OK (B)	
YI				
-	+	Sí	Sí	
ΔE*				
A	Sí	Sí	
Brillo				
-	-	No	No	
pH				
	ácido	Sí	Sí	
Módulo E				
-	-	No	No	
ETF				
-	-	No	No	
DTF				
+	+	No	No	
ETR				
-	-	Sí	No	
DTR				
+	+	No	No	
Comentarios				
Presenta el menor YI y ΔE*.				
pH dentro márgenes seguridad.				
Más afectado por envejecimiento B, excepto deformación en la rotura.				
Tendencia a aumentar la capacidad de recuperación y la tenacidad.				
Según las fuentes insuficiente fuerza cohesiva.				

E.A.: Envejecimiento A.				
E.B.: Envejecimiento B.				

10. Aquazol® 200 (A2):

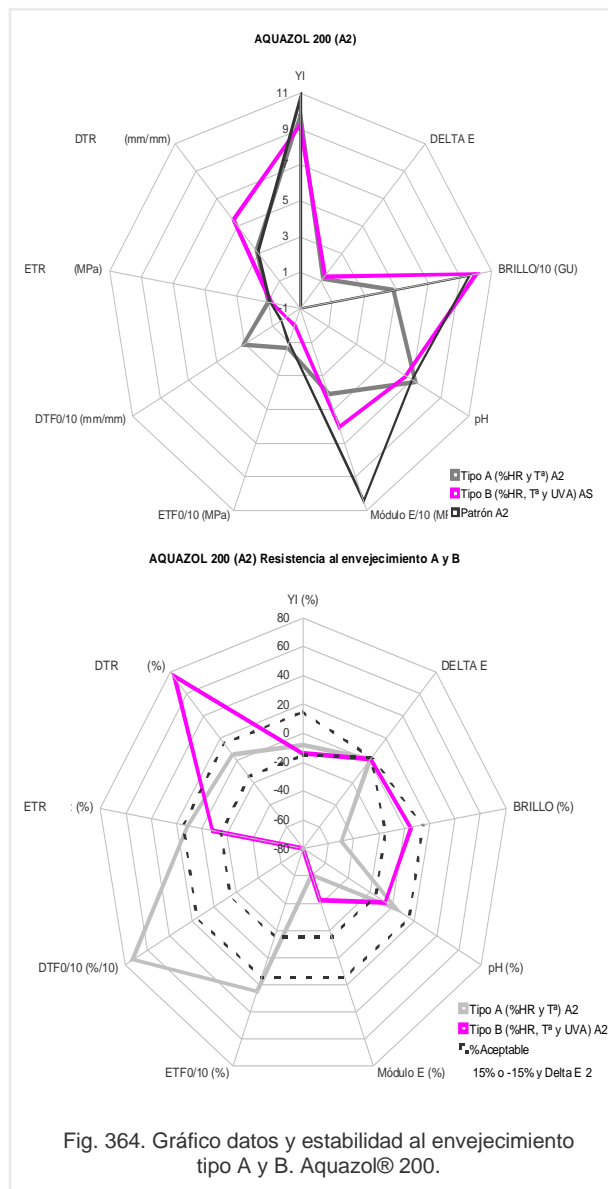


Tabla. 95.

Aquazol® 200			
Tipo	Homopolímero PEOX		
Grupo	3		
Uso	Mejor como consolidante		
Aspecto	Film transparente brillante		
E. A	E. B	OK (A)	OK (B)
YI			
-	-	Sí	Sí
ΔE*			
A	Sí	Sí
Brillo			
-	+	No	Sí
pH			
neutro	ácido	Sí	Sí
Módulo E			
-	-	No	No
ETF			
+		No	
DTF			
+		No	
ETR			
+	-	Sí	Sí
DTR			
+	+	Sí	No
Comentarios			
pH mantiene valores seguridad.			
Uso experimental como plastificante de otros polímeros.			
Excepto la deformación en la rotura y el módulo E, le afecta más el envejecimiento tipo A.			
Capacidad de plastificarse con la humedad.			

E.A.: Envejecimiento A.			
E.B.: Envejecimiento B.			

11. Aquazol® 500 (A5):

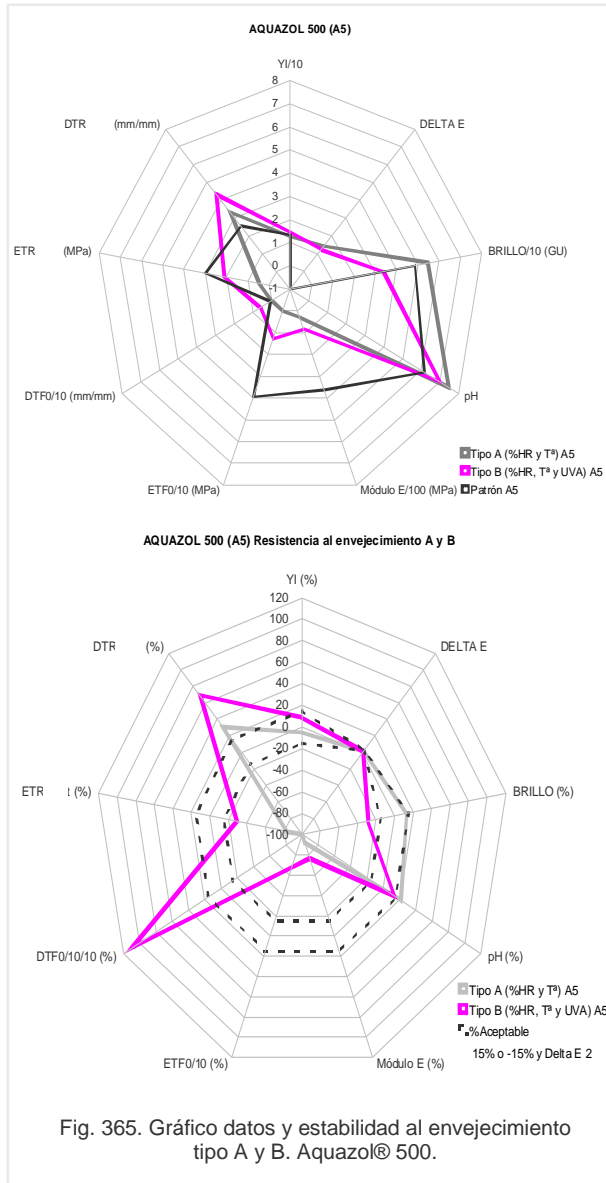


Fig. 365. Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A y B. Aquazol® 500.

Tabla. 96.

Aquazol® 500				
Tipo	Homopolímero PEOX			
Grupo	3			
Uso	Adhesivo y consolidante			
Aspecto	Film transparente brillante			
E. A	E. B	OK (A)	OK (B)	
YI				
-	+	Sí	Sí	
ΔE*				
>B	<A	Sí	Sí	
Brillo				
+	-	Sí	No	
pH				
neutro	ácido	No	Sí	
Módulo E				
-	-	No	No	
ETF				
	-		No	
DTF				
	+		No	
ETR				
-	-	No	No	
DTR				
+	+	No	No	
Comentarios				
pH mantiene valores seguridad.				
Uso experimental como plastificante de otros polímeros.				
Más adhesivo y menor penetración A2.				
Excepto en el esfuerzo en la rotura y el módulo E, le afecta más el envejecimiento tipo B.				
Se deforma menos que el A2, soportando una mayor carga. Aumenta capacidad deformación tras A.				
Capacidad de plastificarse con la humedad.				

E.A.: Envejecimiento A.				
E.B.: Envejecimiento B.				

12. Acril® 33 (AC):

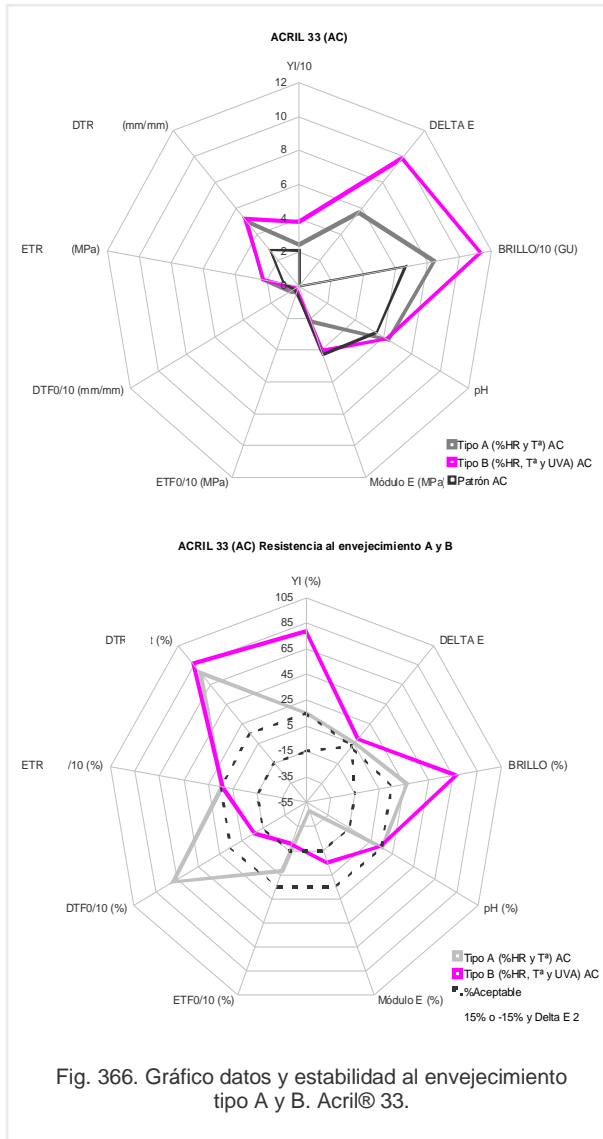


Tabla. 97.

Acril® 33			
Tipo	Copolímero acrílico		
Grupo	3		
Uso	Mejor adhesivo que consolidante		
Aspecto	Film satinado brillante		
E. A	E. B	OK (A)	OK (B)
YI			
+	+	Sí	No
ΔE*			
A	No	No
Brillo			
+	+	No	No
pH			
ácido	No	Sí	
Módulo E			
-	-	No	Sí
ETF			
+	-	Sí	No
DTF			
+	-	No	No
ETR			
+	+	No	No
DTR			
+	+	No	No
Comentarios			
pH mantiene valores de seguridad tras 360h envejecimiento.			
Mayor sensibilidad envejecimiento B (excepto módulo E y deformación a fluencia). Parece aumentar la deformación tras el envejecimiento. Se deforma menos que el PLEX, soportando mayor esfuerzo. Mayor tenacidad y mayores variaciones que el PLEX.			

E. A.: Envejecimiento A.			
E. B.: Envejecimiento B.			

13. Plextol® B500 (PLEX):

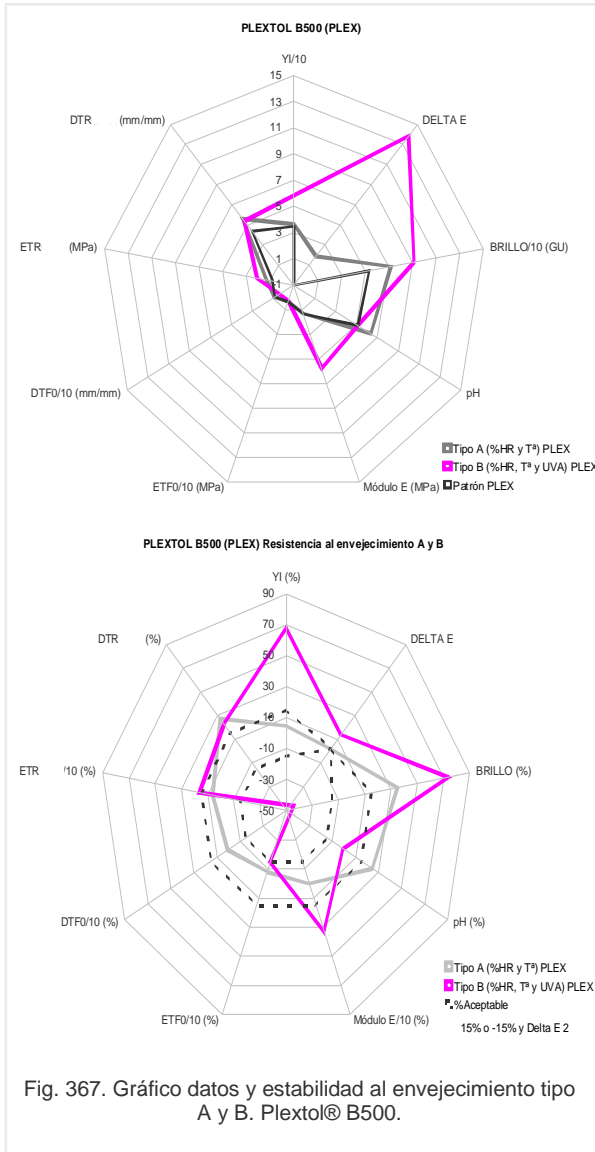


Fig. 367. Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A y B. Plextol® B500.

Tabla. 98.

Plextol® B500			
Tipo	Copolímero acrílico		
Grupo	3		
Uso	Mejor adhesivo que consolidante		
Aspecto	Film satinado brillante		
E. A	E. B	OK (A)	OK (B)
YI			
-	+	Sí	No
ΔE*			
A	Sí	No
Brillo			
+	+	No	No
pH			
ácido	No	Sí	
Módulo E			
-	+	Sí	No
ETF			
-	-	No	No
DTF			
-	+	No	No
ETR			
+	+	Sí	No
DTR			
+	+	No	No
Comentarios			
Mayor amarilleo que MOW. pH no apto tras envejecimiento B. Excepto pH y deformación en la rotura, mayor sensibilidad envejecimiento B. Aumenta la tenacidad siendo más tenaz que el AC. El más rígido tras el PA después del envejecimiento B. Mayor deformación en la rotura que el AC, soporta menos tensión. Mantiene capacidad recuperación (zona fluencia). ----- E.A.: Envejecimiento A. E.B.: Envejecimiento B.			

14. Beva® 371 (BE):

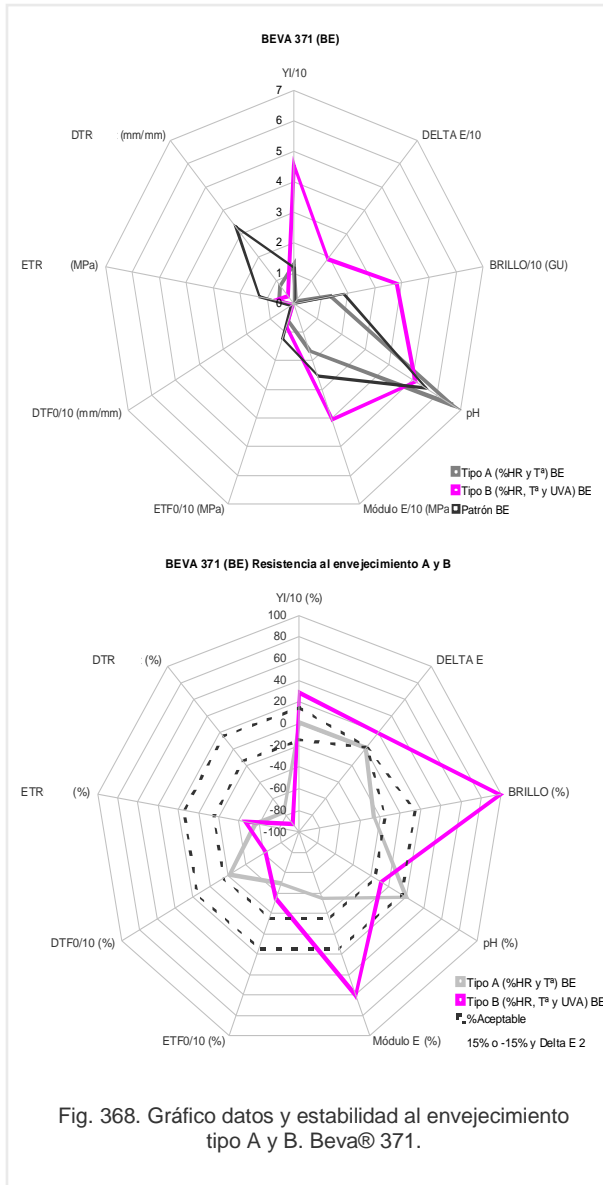


Tabla. 99.

Beva® 371			
Tipo	Copolímero EVA		
Grupo	3		
Uso	Mejor adhesivo que consolidante		
Aspecto	Film translúcido mate a satinado		
E. A	E. B	OK (A)	OK (B)
YI			
+	+	Sí	No
ΔE*			
A	Sí	No
Brillo			
-	+	No	No
pH			
ácido	No	Sí	
Módulo E			
-	+	No	No
ETF			
-	-	No	No
DTF			
-	-	No	No
ETR			
-	-	No	No
DTR			
-	-	No	No
Comentarios			
Elevado YI tras B.			
Valor pH no apto tras envejecimiento B.			
Parece estar más afectado por este envejecimiento, excepto en fluencia.			
Parece tener una estabilidad dimensional baja y una disminución de la reversibilidad de la deformación. Pierde tenacidad.			

E.A.: Envejecimiento A.			
E.B.: Envejecimiento B.			

15. Fluoline® HY (FLU):

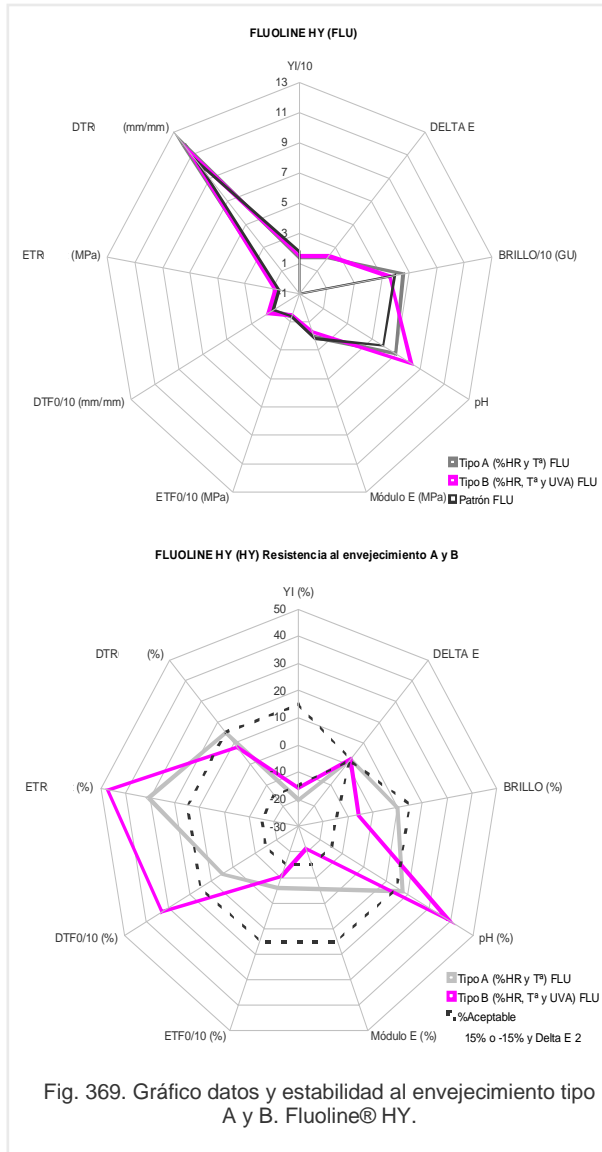


Tabla. 100.

Fluoline® HY			
Tipo	Copolímero fluorado		
Grupo	3		
Uso	Reagregante consolidante		
Aspecto	Film translúcido satinado-brillante		
E. A	E. B	OK (A)	OK (B)
YI			
-	-	No	No
ΔE*			
A	No	No
Brillo			
+	-	Sí	Sí
pH			
Neutro	Básico	No	No
Módulo E			
-	-	Sí	No
ETF			
-	-	No	No
DTF			
+	+	No	No
ETR			
+	+	No	No
DTR			
+	+	Sí	Sí
Comentarios			
Valor pH no apto tras envejecimiento B. Mayores cambios con este envejecimiento excepto brillo y YI. Más estable a nivel de deformación que de esfuerzo. La tenacidad y la capacidad de deformación aumenta tras el B. Interesante en tratamientos consolidación capas mate satinado.			
E.A.: Envejecimiento A. E.B.: Envejecimiento B.			

16. Mowilith® SDM5 (MOW):

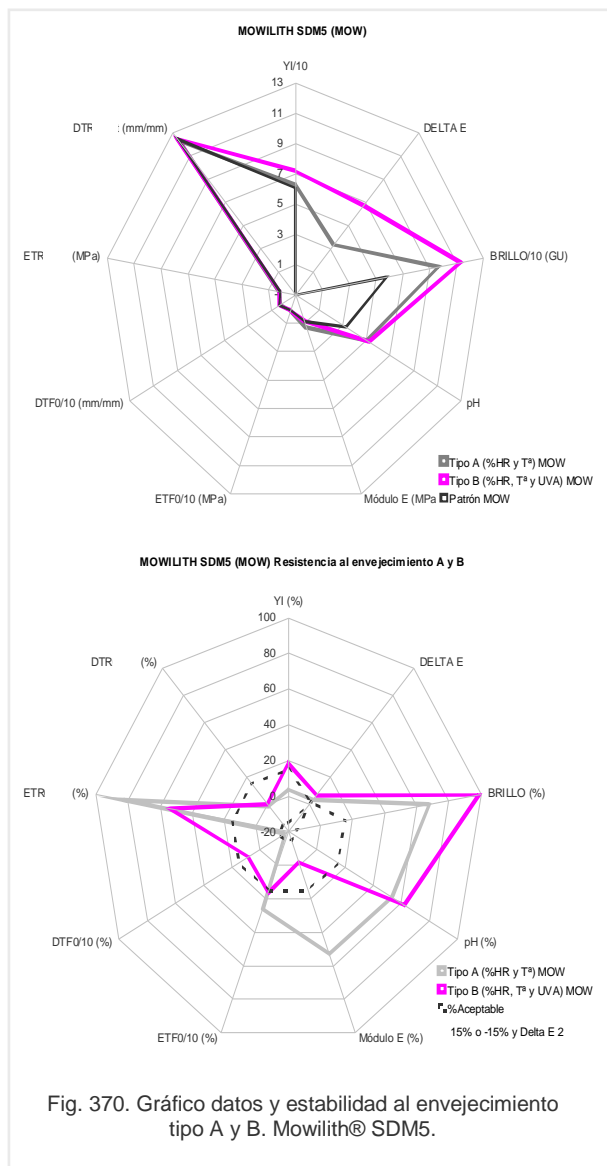


Tabla. 101.

Mowilith® SDM5			
Tipo	Copolímero vinilacetato		
Grupo	3		
Uso	Adhesivo		
Aspecto	Film amarillo satinado-brillante		
E. A	E. B	OK (A)	OK (B)
YI			
+	+	Sí	No
ΔE*			
A	No	No
Brillo			
+	+	No	No
pH			
ácido		No	No
Módulo E			
+	-	No	Sí
ETF			
+	+	No	No
DTF			
-	+	No	No
ETR			
+	+	No	No
DTR			
-	+	Sí	Sí
Comentarios			
El producto inicialmente más ácido (en seco). No apto.			
Mayor sensibilidad al envejecimiento B.			
Aumento de la tenacidad. Posee la mayor capacidad de deformación y la más estable, así como de recuperación de dicha deformación.			
Tiene el módulo E más bajo.			

E. A.: Envejecimiento A.			
E. B.: Envejecimiento B.			



9. ADHESIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE PINTURA VINÍLICA

9. ADHESIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE PINTURA VINÍLICA

Tal y como señalamos, la parte experimental concluye con el estudio de la eficiencia de tres consolidantes y tres adhesivos aplicados en la estabilización de probetas de pintura vinílica (PVAc) con pulverulencia y falta de adhesión respectivamente.

Junto al algodón como soporte textil, este aglutinante reunía varias características que hacían de él un material idóneo para el desarrollo del presente estudio. Así pues, además de existir diversos casos reales (ver Capítulo 7), destacaban por su versatilidad, uso extendido y bajo coste. A su vez, la pintura vinílica, permitía un secado rápido, una capacidad óptima de formación de películas, un acabado mate a satinado-brillante y lo más interesante: la presencia de las dos tipologías de alteración estudiadas en la presente investigación (ver Capítulo 4): pulverulencia en el caso de pigmentos mezclados con aglutinante vinílico industrial y levantamientos en el caso de las anteriores o en obras ejecutadas con pinturas comerciales.

Cabe señalar que este material comenzó a emplearse de un modo más extensivo a partir de su fabricación en forma de emulsión acuosa en los 50, aunque su utilización en la formulación de pinturas para artistas fue limitado al ser superadas por las prestaciones y calidad de las pinturas acrílicas¹¹⁴⁷. No obstante, fue el principal tipo de aglutinante de muchas pinturas domésticas para interiores a comienzos de los 60. Aunque su reducida gama de color y sus inferiores propiedades limitaron su uso. Pese a que en la actualidad existen productos para artistas formulados con dicho aglutinante (Flashe® de Lefranc & Burgeois), su utilización está poco extendida, si bien, en el desarrollo de nuestro trabajo se ha documentado el uso de pinturas vinílicas de menor calidad para manualidades como La Pajarita® en algunos artistas españoles como Manuel Calvo o Enric Solbes.

Por otro lado, hay que señalar que un número importante de artistas se decantó también por preparar sus propias pinturas combinando las emulsiones vinílicas comerciales con pigmentos (ej. Alberto Burri: Vinavyl; o Kenneth Noland)¹¹⁴⁸. Una técnica empleada por algunos autores valencianos como Horacio Silva, Vicent Peris o Uiso Alemany, entre otros.

¹¹⁴⁷ CROOK, J., LEARNER, T. *The impact of modern paints*. London: Tate Gallery, 2000, pp. 21-25.

¹¹⁴⁸ LEARNER, T. *Analysis of Modern Paints*. Los Ángeles: GCI, 2004, pp. 1-3.

A continuación, separando el capítulo en dos bloques diferenciados: adhesión (punto 9.1) y consolidación (punto 9.2), pasamos a detallar los objetivos y principios generales, los materiales y métodos de análisis empleados, así como los resultados obtenidos y su discusión.

9.1. ADHESIÓN DE PINTURA VINÍLICA:

9.1.1. Objetivos y principios generales:

9.1.1.1. Envejecimiento acelerado por exposición a Humedad Relativa, Temperatura e irradiación UV-A:

Retomando las ideas y principios expuestos en el punto 8.1.1.2 y 8.1.1.2.1, los objetivos planteados consistieron en estudiar el comportamiento óptico y la adhesión tras la aplicación de los polímeros seleccionados sobre estratos de pintura vinílica, y su posterior envejecimiento acelerado.

9.1.1.2. Colorimetría:

En base a los puntos 8.1.1.3 y 8.1.1.3.2, se determinaron los cambios ópticos de los estratos pictóricos vinílicos adheridos antes y tras el envejecimiento, a través del cálculo de la diferencia total de color (ΔE^*).

9.1.1.3. Medida del brillo:

Se procedió a evaluar los posibles cambios de brillo de las capas pictóricas tratadas antes y después de su envejecimiento acelerado (ver puntos 8.1.1.4 y 8.1.1.4.1).

9.1.1.4. Ensayos de esfuerzo-deformación:

Teniendo en cuenta la compatibilidad mecánica entre el adhesivo y la pintura, se realizaron ensayos de esfuerzo-deformación para caracterizar la pintura comercial seleccionada, según se explica en el punto 8.1.1.6.

9.1.1.5. Medida de la adhesión:

En las intervenciones de fijación de un estrato desprendido, el conservador restaurador suele plantear la selección, concentración y sistema de aplicación del polímero de una forma totalmente empírica, según su experiencia. Este deberá ser capaz de rellenar los huecos existentes entre ambos sustratos, manteniéndolos unidos al secar de forma estable y duradera, sin producir alteraciones de tipo físico, químico o mecánico.

El objetivo principal de esta prueba consistió en realizar la medición del grado de adhesión resultante de la aplicación de los adhesivos seleccionados en una capa vinílica desprendida sobre loneta de algodón, antes y después del envejecimiento acelerado.

Si revisamos los conceptos teóricos desarrollados en el Capítulo 6, recordaremos que la **adhesión** se define como la fuerza de unión en la interfase de contacto entre dos materiales¹¹⁴⁹. Explicada según distintos modelos teóricos, Mario Madrid afirma que este fenómeno se da a través de un mecanismo de unión que depende de la adhesión (fuerza de unión del adhesivo al sustrato) y de la fuerza interna del adhesivo o cohesión¹¹⁵⁰.

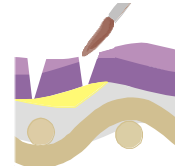


Fig. 371.
Adhesivo y
sustratos.

En nuestro caso el adhesivo será un polímero (ej. Plextol® B-500) y los sustratos (ej. soporte textil, preparación, capa pictórica, etc.: Fig. 371)¹¹⁵¹.

Las fuerzas establecidas y su magnitud serán un factor importante a la hora de determinar la resistencia de la unión adhesiva resultante¹¹⁵². Recordemos además que la unión, cuyo espesor será escaso en comparación con las superficies a unir, depende también de la humectación, rugosidad de la superficie, de la viscosidad, del curado y de las propiedades del sólido formado¹¹⁵³. Según Zorll, sin la suficiente adhesión, un recubrimiento no

¹¹⁴⁹ GÓMEZ, M^a L., *Op. cit.*, p. 338. ALLEN, K.W. "Adhesion and adhesives, some fundamentals". *Adhesives and Consolidants*. London: IIC, 1984, pp. 5-6. PATAKI, A. Apuntes curso "Adhesivos aplicados a la restauración de papel". Valencia: IVC+R, 10/2007. SAN ANDRÉS MOYA, M., DE LA VIÑA FERRER, S. *Fundamentos de química y física para la conservación y restauración*. Madrid: Síntesis, 2004, p. 279. BORGIOLI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 65. HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 71. DAHLQUIST, C. "The Theory of Adhesion". *Coatings Technology Handbook*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006, pp. 1-9.

¹¹⁵⁰ La cohesión se define como la fuerza de atracción entre las moléculas adyacentes de un mismo cuerpo manteniendo el material unido (ej. adhesivo). MADRID VEGA, M. "Introducción". *Tecnología de la adhesión*. *Op. cit.*, pp. 20-21.

¹¹⁵¹ VV.AA. *Tecnología de la adhesión*. Madrid: Henkel Ibérica, 2000, p. 18.

¹¹⁵² MARTÍN MARTÍNEZ, J. M., MARTÍN REY, S. *Adhesión y adhesivos en intervención de pintura sobre lienzo*. Valencia: UPV, 2008, p. 56. MADRID VEGA, M. *Op Cit.*, pp. 18 y 20. MATTEINI, M., MOLES, A. *Op. cit.*, pp. 369-390.

¹¹⁵³ GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, pp. 338-344. MARTÍN MARTÍNEZ, J. M. *Adhesivos Vol. I*. Alicante: Universidad de Alicante, 2001, p. 144. YOUNG, C. "Interfacial Interactions of Modern Paint Layers". *Modern Paints Uncovered*. Los Ángeles: The Getty Conservation Institute, 2007, pp. 247-256.

tendrá una buena resistencia frente a la climatología, los agentes químicos, los impactos o las fricciones, etc. De ahí, que la industria emplee diferentes sistemas de detención de fallos¹¹⁵⁴.

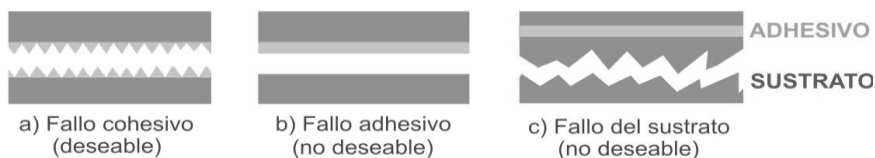


Fig. 372. Tipos de fallo en uniones adhesivas.

Los ensayos de tipo mecánico constituyen el método más práctico para su medida¹¹⁵⁵. En la fabricación de recubrimientos pictóricos esta se evalúa por el ensayo de rotura según varios tipos de fallo: separación por cohesión (ruptura en el interior del adhesivo), separación por adhesión (ruptura en la interfase sustrato-adhesivo) y ruptura del sustrato (fig. 372)¹¹⁵⁶.

<p>EC: 30 $W = W_0 [1+f(V,T)]$</p> <p>Donde: W: Energía de separación. W₀: Adhesión termodinámica. F(V,T): Factor de pérdida. Depende de la velocidad durante el ensayo de adhesión (V), de la temperatura (T), y de la geometría del sustrato.</p>
--

Para Gent y Schulz, la energía de separación o adhesión experimental (W) de una unión adhesiva depende de la adhesión termodinámica o intrínseca (W₀) y de las propiedades reológicas de los materiales (EC: 30)¹¹⁵⁷.

Aunque existen multitud de métodos adaptados a todos los tipos de recubrimientos y sustratos¹¹⁵⁸, los sistemas más utilizados para medir la

¹¹⁵⁴ ZORLL, U. "Adhesion Testing". *Coatings Technology Handbook*. Third Edition. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006, p. 1. RICKERBY, D., MATTHEWS, A. (Ed.). *Advanced surface coatings. A Handbook of Surface Engineering*. New York: Blackie & Son, 1991, pp. 324-341.

¹¹⁵⁵ Existen tres categorías de tests de adhesión: de nucleación, mecánicos y misceláneos. Más información en: *Ibid.*, pp. 326-328.

¹¹⁵⁶ VV.AA. *Tecnología de la adhesión. Op. cit.*, pp. 20-42. GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.* (Ed. 1994), p. 55. YOUNG, C. "Sviluppo di test meccanici per valutare i consolidanti usati per i dipinti su tela". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 06. Padova: Il Prato, 2008, p. 74.

¹¹⁵⁷ *Ibid.*, p. 106. MASSCHELEIN-KLEINER, L. *Op. cit.*, p. 12.

¹¹⁵⁸ Debido a la complejidad del diseño de pruebas representativas y reproducibles y de la interpretación de los datos, Young, ha investigado sobre la

fuerza adhesiva de una película pictórica simple o multicapa a un sustrato son fundamentalmente el ensayo de adherencia por tracción (ver fig. 373) y el ensayo de corte por enrejado, descrito en el punto 9.2.1.5¹¹⁵⁹.

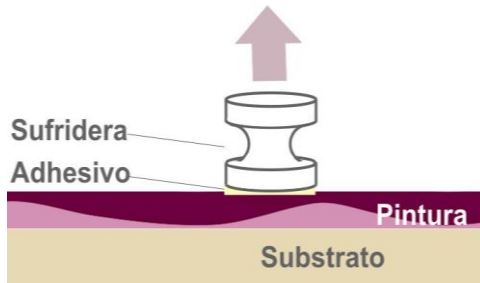


Fig. 373. Ensayo de adherencia por tracción en recubrimientos pictóricos.

Para evaluar la adherencia aportada por los adhesivos, optamos por realizar un **ensayo de adherencia por tracción**. Este tipo de ensayo suele utilizarse por la industria de la pintura para medir la adherencia de los recubrimientos a un sustrato determinado.

Consiste en la medida del esfuerzo de tracción mínimo, necesario para desprender o romper la película pictórica en la dirección perpendicular a dicho sustrato (Fig. 373)¹¹⁶⁰. Para

adaptación de los tests utilizados en ingeniería, a la medida de la adhesión y de las interacciones interfaciales en el interior de las pinturas: *Tapered Double Cantilever Beam*, *Peel test* o *TDCB* (con brazo fijo, con mandril cilíndrico y en forma de T), *Pull-Off* y *Test Cross Hatch*). Más información en: YOUNG, C. *Op. cit.*, pp.73-79. RICKERBY, D., MATTHEWS, A. (Ed.). *Ibid.*, p. 327.

¹¹⁵⁹ AENOR. *Pinturas y barnices. Ensayo de corte por enrejado*. Norma UNE-EN ISO 2409. Madrid: AENOR, 1992. AENOR. *Pinturas y Barnices. Ensayo de adherencia por tracción*. UNE-EN ISO 4624. Madrid: AENOR, diciembre 2003. Ensayos utilizados en: YOUNG, C. *Op. cit.*, p. 249. Cfr. VV.AA. "Open Studio e intervento di restauro su un'opera di Sironi". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti del congresso CESMAR7 Milano, 2008. Padova: Il Prato, 2009, p. 185. Cfr. VV.AA. "Studi preparatori finalizzati al restauro di due dipinti su tela dell'Ottocento". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso CESMAR7 Milano, 2008. Padova: Il Prato, 2009, pp. 107-109.

¹¹⁶⁰ La complejidad de los ensayos de arranque (*pull-off*) dificultan la interpretación (mezcla estrés de tracción (*tensile*) y cizalla (*shear*), alineado perfecto y uniformidad de la carga, valor de adhesión limitado (65-90Mpa) y afectación de las capas por el adhesivo y disolvente. Para sustratos flexibles se recomienda el test tipo sándwich. El uso del ensayo de tracción y cizalla, en lugar del test de tracción perpendicular, proporciona datos interesantes para fallos de tipo cohesivo y en menor grado de tipo adhesivo. El resultado está influenciado por las propiedades mecánicas de la probeta, la naturaleza y preparación del sustrato, método de aplicación de la pintura, condiciones de secado, temperatura, humedad relativa, tamaño de la sufridera, tipo de aparato

ello, se pega una sufridera cilíndrica de aluminio (normalmente de 20 mm), directamente sobre el recubrimiento a evaluar, la cual, tras el curado del adhesivo, es colocada en el dispositivo pertinente o máquina de tracción. Como señalamos, el esfuerzo en tracción se aplica en dirección perpendicular al plano de la superficie pintada. La rotura se producirá en la interfase más débil (rotura adhesiva) o en el componente más débil (rotura cohesiva) del montaje del ensayo.

La naturaleza de dicha rotura se establece visualmente a través de una tabla de clasificación (Tabla 103) y el área de fractura se estima como porcentaje, con una aproximación del 10%, para cada tipo de fractura¹¹⁶¹. Tal y como indica la norma UNE-EN ISO 4624, junto a la expresión de la naturaleza de la rotura, como porcentaje medio estimado del área para cada tipo de fractura, el cálculo y la expresión de los resultados se realiza según la EC: 31:

Tabla. 102. Nomenclatura y naturaleza de la rotura. AENOR.

Nomenclatura	Naturaleza de la rotura
A	Rotura cohesiva del sustrato
A/B	Rotura adhesiva entre el sustrato y la primera capa
B	Rotura cohesiva de la primera capa
B/C	Rotura adhesiva entre la primera y la segunda capas
n	Rotura cohesiva de la capa enésima de un sistema multicapa
n/m	Rotura adhesiva entre la última capa y el adhesivo
-/Y	Rotura cohesiva del adhesivo
Y/Z	Rotura adhesiva entre el adhesivo y la sufridera

EC: 31

$$\sigma = F/A$$

Donde: σ : Tensión de rotura o resistencia adhesiva (MPa).

F: Fuerza de rotura (N).

A: Área de la sufridera (mm²).

Según la norma UNE-EN ISO 4624, el ensayo de adherencia por tracción constituye el test más útil para determinar la adherencia y realizar comparaciones entre distintos recubrimientos con diferencias significativas (Tabla 102)¹¹⁶².

de ensayo y/o velocidad de deformación, etc. RICKERBY, D., MATTHEWS, A. (Ed.). *Ibid.*, pp. 327-328. ZORLL, U. *Op. cit.*, p. 6. AENOR. UNE-EN ISO 4624. *Op. cit.*, p. 6.

¹¹⁶¹ *Ibid.*, pp. 6-7, 13.

¹¹⁶² En caso de sufrideras de 20 mm de diámetro, la tensión de rotura (MPa), viene dada por la EC: 32: $\sigma = 4F/400\pi = F/314$. *Ibidem*.

9.1.2. Materiales y métodos:

9.1.2.1. Selección de materiales y realización de probetas (ensayo arranque por tracción):

9.1.2.1.1. Realización de probetas:

Para realizar las probetas nos inspiramos en diversos casos reales, si bien, debido a sus particularidades, la obra *El màgic tanca un cercle* de Enric Solbes, intervenida en el IVC+R, fue determinante en su diseño debido al interés de la misma.

Como vimos en el Capítulo 7, esta presentaba una importante zona de desprendimiento de la capa pictórica a causa de un accidente y a la mala adhesión entre capas (Fig. 374).

Las analíticas realizadas con FTIR revelaron que se trataba de una pintura vinílica (1 y 3 Fig. 375) y al óleo (2 y 4 Fig. 375), sin preparación sobre loneta fina de algodón 100%. El fallo adhesivo se hallaba en la interfase de contacto entre el soporte de algodón y la pintura vinílica, no así entre este tipo de pintura y el óleo¹¹⁶³. De ahí que se tomara la decisión de estudiar la viabilidad de tres adhesivos en la adhesión de este tipo de pintura sobre algodón.

Teniendo en cuenta los tipos de ensayos a desarrollar (ver puntos siguientes), se realizaron tres grupos de muestras: (Grupo 0 o Patrón, Grupo A y Grupo B).

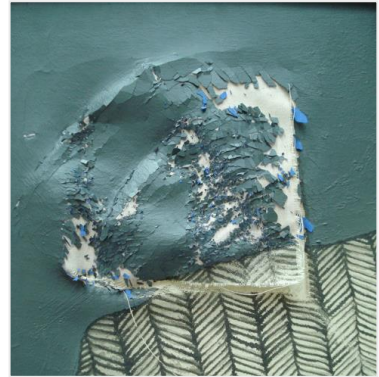


Fig. 374. Detalle *El màgic tanca un cercle* antes de la intervención.

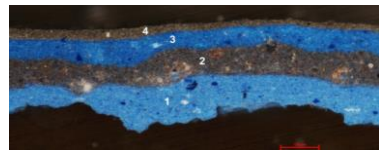


Fig. 375. Sección transversal capa pictórica microscopía óptica con luz incandescente.

Análisis (FTIR): 1 (vinílico, azul ultramar, blanco de titanio y barita), 2 (óleo, colorante orgánico, calcita, blanco titanio y barita), 3 (vinílico, azul ultramar, blanco de titanio y barita) y 4 (óleo, colorante orgánico, calcita, blanco titanio y barita).

¹¹⁶³ Estudios científicos IVC+R realizados en 2009. Informe AC09.

El grupo de muestras patrón o Grupo 0 estaba formado por 10 probetas de 6 cm x 6 cm con un área central pintada de 2,5 cm x 2,5 cm (ver Fig. 376).

Respecto a la pintura, nos decantamos por un producto comercial para garantizar la homogeneidad de las capas formadas y la ausencia de grumos o acumulaciones de pigmento.

Al contrario que en la obra de Solbes, escogimos una pintura realizada con blanco de titanio Acualux® Titan¹¹⁶⁴, cuyas características recoge la Tabla 103. Esta fue aplicada directamente sobre la tela mediante una espátula metálica y un aplicador de capa Elcometer® 3850 garantizando la obtención de un espesor uniforme y una textura lisa¹¹⁶⁵.

El secado se realizó al aire durante un mes a 50 ± 5 %HR y 23 ± 2 °C¹¹⁶⁶. Este grupo de muestras se realizó con idea de obtener una referencia del nivel de adhesión que debían proporcionar los adhesivos.

Tabla. 103. Características Acualux® Blanco Titanio Titan, según el fabricante.

Producto	Acualux® 800 Blanco (Cod. 0920800)
Aglutinante	Látex vinílico
Pigmento	Dióxido de Titanio rutilo (PW6)
Acabado	Satinado
Densidad grs/cm ³	1,25 a 1,38
PH a 20°C	8,5
Viscosidad a 25°C	115 K.U. Stormer
Peso específico	1,38 g/cc a 20°C
% Amoníaco	<0,05%
No volátiles	56,9 % peso
Secado a 23°C	Al tacto 45-60 min. Repintado: 6h
Rendimiento	9-12 m ² /lt. (aprox. 30-40 µ en seco)
Diluyente	Agua
Envasado	80, 250 y 500 ml
Aplicación	Brocha, rodillo y aerógrafo
Usos	Manualidades y artesanía
Fabricante	Industrias Titan, S.A.

¹¹⁶⁴ Datos tabla extraídos de: Anna del Blanco i Llorach. Laboratorio Industrias Titan, S.A. El Prat de Llobregat, Barcelona. Consulta por e-mail: [10/02/07]. INDUSTRIAS TITAN. *Ficha datos de seguridad 91/155/CE Acualux Blanco Satinado Cod. 0920800*. Industrias Titan, S.A. El Prat de Llobregat, Barcelona. [17/07/06], pp. 1-8.

¹¹⁶⁵ ELCOMETER® 3850. Aplicador de película de cuchilla ajustable a 10µm, espesor de película de 0-6000 µm, ancho barra 100 mm, separación de película ajustable de 10, micrómetro de 0-6 mm con dos tornillos micrométricos integrados, aluminio anodizado con cuchilla biselada para capas gruesas. AENOR. UNE-EN ISO 4624. *Op. cit.*, p. 6.

Por su parte, los grupos A y B estaban constituidos por 20 probetas de tela sin pintar de 6 cm x 6 cm, de retorta fina de algodón 100% con ligamento tafetán (1cm²: 31 hilos urdimbre – 26 hilos trama), muy similar a la empleada por Solbes (ver fragmentos esquina superior derecha Fig. 376). Paralelamente se prepararon diversos *films* de pintura Acualux®, mediante su aplicación sobre una hoja de poliéster monosiliconado (ver Fig. 377), la cual se dejó secar durante un mes a 50 ± 5 %HR y 23 ± 2 °C.



Fig. 376. Muestras pintadas Grupo 0 y soporte textil muestras Grupo A y B.
Fig. 377. Pintura Acualux® Titan. Película pictórica vinílica seca y suelta muestras Grupo A y B.

Tras esta primera fase de secado, 5 muestras del Grupo 0 y las películas sueltas de pintura vinílica fueron envejecidas en una cámara climática *Climacell Komfort-line* a 60°C y 55% HR durante 7 días¹¹⁶⁷, siendo depositadas sobre placas de vidrio colocadas sobre planchas de acero. Seguidamente se sometieron a 11 meses de envejecimiento natural en la oscuridad en condiciones controladas¹¹⁶⁸. Tras este proceso, que concluyó en junio de 2011 los *films* de pintura fueron cortados en cuadrados de 2,5 cm x 2,5 cm. Paralelamente se procedió a realizar el estudio de las propiedades ópticas (color y brillo), físicas (grosor y peso), químicas (pH) y mecánicas (curva de carga-deformación)¹¹⁶⁹ de la pintura, como paso previo a la selección y aplicación de los adhesivos (ver punto 9.1.2.1.3), siguiendo la metodología empleada en los puntos 8.1.2.2-8.1.2.6.

¹¹⁶⁶ AENOR. UNE-EN ISO 1513. *Op. cit.*, pp. 1-10. AENOR. UNE-EN ISO 1514. *Op. cit.*, pp. 1-16.

¹¹⁶⁷ YOUNG, C. *Op. cit.*, p. 249.

¹¹⁶⁸ Almacenaje en la oscuridad a 23°C +- 2°C y 50% HR +-5%.

¹¹⁶⁹ Espesor medido con un micrómetro de bolsillo con precisión de lectura de 0,01 mm. AENOR. UNE-EN ISO 2808. *Op. cit.*, pp. 1-35.

Así se pudo determinar que presentaban una superficie satinada brillante¹¹⁷⁰, con un grosor medio de 288,66 µm y un pH de 8,69 (Tabla 104).

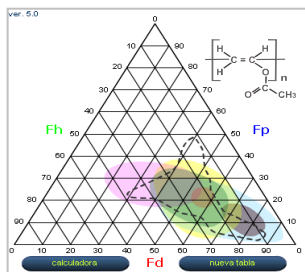
Tabla. 104. Características *film* vinílico Aqualux® blanco titanio nº 800 (junio 2011).

Muestra	Brillo 60° GU	pH superficie	Grosor medio µm
Aqualux® Titan blanco	43,71	8,69	272,18 sobre tela 288,66 <i>film</i> suelto

Tabla. 105. Valores promedio y desviación típica (σ) curvas carga-deformación Aqualux® Blanco 800 (junio 2011).

Producto	E.	Módulo E (MPa)	σ	Esfuerzo rotura (MPa)	σ	Deformación rotura (mm/mm)	σ	%alargam. rotura
Aqualux® 800	O	85,8	8,5	1,18	0,12	0,8	0,3	81
	A	343,0	162,0	7,5	5,4	0,77	0,19	77
	B	995,8	508,8	9,2	1,7	0,31	0,15	31

De acuerdo con los valores de carga-deformación en la rotura (Tabla 105 y Fig. 380), se pudo comprobar que este tipo de pintura incrementa su rigidez y resistencia tras el envejecimiento, disminuyendo su capacidad de deformación. A su vez, se observaron ciertas similitudes antes de envejecer con ciertos materiales del Grupo 3 (Tabla 86), deformándose al aplicar una carga pequeña, como veremos detalladamente en el siguiente punto¹¹⁷¹.



Finalmente, se tuvo en cuenta la solubilidad del PVA (aglutinante de este tipo de pintura). Así, según el programa *TriSolv* desarrollado por Coladonato y Scarpitti (ISCR), debían evitarse algunos disolventes tales como el etanol, acetona, benceno, amilacetato y butilacetato, a la hora de preparar la sustancia adhesiva (Fig. 378)¹¹⁷².

Fig. 378. PVAc estructura química y solubilidad (Triángulo Teas. Programa *TriSolv*. Coladonato y Scarpitti. ISCR).

¹¹⁷⁰ Mediciones de brillo con geometría de 60°, obteniendo los valores promedio de 5 muestras (1 x 7,5 cm, grosor: 198 µm).

¹¹⁷¹ Valores promedio obtenidos a partir de curvas de carga-deformación de 5 films Aqualux® blanco de 1 cm x 7,5 cm, grosor: 198 µm, envejecidos 11 meses en condiciones de equilibrio en oscuridad. Condiciones ensayo: punto 8.1.2.6.

¹¹⁷² Cfr. ISCR. *TriSolv. Triangolo Interattivo dei solventi e delle solubilità*©. [En línea]. ISCR. MIBAC. <www.iscr.beniculturali.it>. [Consulta: 10/01/12].

9.1.2.1.2. Selección de los adhesivos:

Teniendo en cuenta las características del *film* blanco titanio Aqualux®, expuestas en el punto anterior (solubilidad, grosor), las alteraciones presentadas (delaminación simulada), se realizó una primera criba en la selección de los tres polímeros a ensayar, estableciendo como objetivo principal la evaluación de la adhesión resultante. Esta criba se realizó según la función del polímero (adhesivo), la respuesta al envejecimiento de los materiales testados (ver punto 8.1), y las condiciones de aplicabilidad (mediante pincel).

Tabla. 106. Principales ventajas e inconvenientes adhesivos seleccionados (1ª criba).

Polímero	Ventajas	Inconvenientes
Plexisol® P550	Mejor adhesivo que consolidante. YI y ΔE apto envejecimiento. Apto rango pH. Aumento zona deformación elástica.	No apto variaciones brillo. Tendencia a aumentar la deformación y a disminuir la carga en la rotura y el módulo E. Reticulación y escisión de cadenas. Insoluble. Quebradizo al perder el disolvente. Activación por temperatura.
Aquazol® 500	Adhesión > A2. YI y ΔE apto envejecimiento. Apto rango pH. Aumento zona deformación elástica tras B.	Penetración < A2. No apto variaciones brillo envejecimiento B. Disminución carga y aumento deformación tras envejecimiento. Disminución módulo E. Se plastifica con HR.
Aciril® 33	Adhesivo. Apto rango pH. Incremento tenacidad. Deformación < PLEX Resistencia > PLEX	YI y ΔE no apto envejecimiento. No apto variaciones brillo envejecimiento. Disminución módulo E, aumenta tensión y deformación tras envejecimiento. Rigidez > PLEX (excepto envejecimiento B). Variaciones > PLEX. Mayor sensibilidad al envejecimiento tipo B.
Plextol® B500	Adhesivo. Apto rango pH. Mantiene capacidad de recuperación. Deformación > AC Resistencia < AC	YI y ΔE no apto envejecimiento. No apto variaciones brillo envejecimiento (aumento). Aumento carga, deformación y tenacidad envejecimiento. Aumento Módulo (tipo B). Mayor sensibilidad al envejecimiento tipo B.
Mowilith® SDM5	Los valores de carga y deformación varían sin diferencias claras programas envejecimiento. La mayor capacidad de deformación y la más estable. Recuperación de la deformación. El módulo E más bajo.	YI (excepto tipo A) y ΔE no apto envejecimiento. El más amarillo. No apto variaciones brillo envejecimiento (aumento). No apto rango pH. Aumento esfuerzo, módulo E y tenacidad. Tenacidad < AC y PLEX.
Beva® 371	Apto ΔE envejecimiento tipo A. Apto pH envejecimiento tipo A.	YI y ΔE (excepto tipo A) no apto envejecimiento. No apto variaciones brillo envejecimiento. No apto rango pH (envejecimiento B). Evidente disminución valores carga y deformación envejecimiento. Módulo E desciende (tipo A) y aumenta (tipo B). Mayor sensibilidad al envejecimiento tipo B. Disminuye capacidad deformación. Estabilidad dimensional baja. Pérdida de tenacidad.

La tabla anterior (Tabla 106) muestra las principales ventajas e inconvenientes de los adhesivos preseleccionados en función de su respuesta al envejecimiento.

Respecto a la solubilidad señalar que ese escogieron las emulsiones acuosas y los polímeros disueltos en disolventes apolares (White Spirit), evitando así el etanol y la acetona. A diferencia de los consolidantes, los valores de tipo óptico no afectaron a la selección de dichos adhesivos. Así mismo, en su selección partimos del supuesto de que las muestras iban a regresar a condiciones ambientales no controladas. Aunque cabe señalar que aunque las tablas y gráficos siguientes incluyen los resultados obtenidos en el envejecimiento tipo B, únicamente se tuvieron en cuenta los valores del tipo A al quedar los adhesivos debajo del estrato a adherir. Caso contrario, si hablamos de la pintura, expuesta a ambos tipos.

En busca de la compatibilidad mecánica entre la pintura (Tabla 105 y Fig. 379) y los polímeros ensayados (Tabla 106-107, Fig. 379), se observaron semejanzas entre esta y algunos productos del Grupo 3 antes de envejecer, deformándose al aplicar una carga pequeña (rango Grupo 3: σ : <2 MPa y ϵ : 1-13 mm/mm).

Tabla. 107. Valores promedio y desviación típica (σ) curvas carga-deformación Aqualux® Blanco 800 y adhesivos seleccionados.

Producto	E.	Módulo E (MPa)	σ	Esfuerzo rotura (MPa)	σ	Deformación rotura (mm/mm)	σ	%alargam. rotura
Aqualux® 800	O	85,8	8,5	1,18	0,12	0,8	0,3	81
	A	343,0	162,0	7,5	5,4	0,77	0,19	77
	B	995,8	508,8	9,2	1,7	0,31	0,15	31
Plextol® B500	O	1,3	0,4	0,80	0,04	4,40	0,11	440,5
	A	1,33	0,19	1,31	0,08	5,61	0,21	561
	B	5,8	4,8	2,1	0,4	5,41	0,11	540,8
Acril® 33	O	4,3	1,9	1,0	0,4	2,8	1,0	279
	A	2,2	0,3	2,3	0,4	4,9	0,3	493,6
	B	4,1	1,2	2,2	0,3	5,2	0,5	520,1
Aquazol® 500	O	363,5	122,1	2,96	1,05	2,6	0,3	256
	A	29,9	40,6	0,5	0,2	3,3	1,0	333,4
	B	84,5	8,4	2,09	0,19	4,3	0,7	432,4

En cuanto esfuerzo, se acercaba al Plexisol® P550 (1,81 MPa) y Beva® 371 (1,28 MPa), y al Klucel® G (0,86 mm/mm) respecto a la deformación. Por este motivo, en la elección de los adhesivos nos centramos en los Grupos 2 y

3, descartando los materiales del Grupo 1, dada su prescripción como adhesivos en uniones más rígidas y resistentes (Tabla 85).

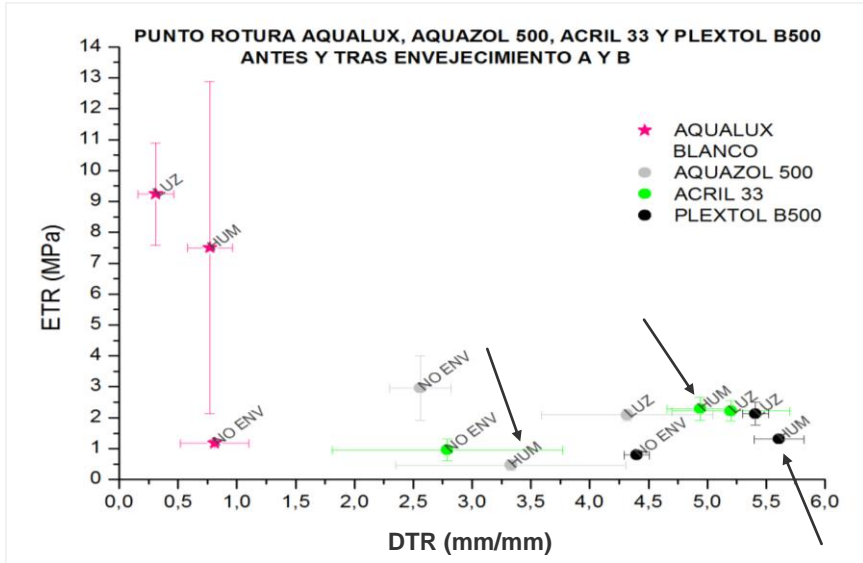


Fig. 379. Punto de rotura curvas carga-deformación Aquazol® 500, Acril® 33, Plectol® B500 y film Aqualux® Blanco (11 meses), antes y tras el envejecimiento tipo A y B.

De los polímeros del Grupo 2 (Tabla 85) se descartaron el Gelvatol® por su mejor comportamiento como consolidante y el Klucel® G por su baja capacidad adhesiva y pérdida de los valores de deformación por debajo de los obtenidos para la pintura Aqualux® tras el envejecimiento tipo A.

Del Grupo 3 (Tabla 85), se dejaron sin considerar el Fluoline® HY por su función como reagregante disuelto en solventes capaces de solubilizar la pintura vinílica (acetona y butilacetato); el Aquazol® 200, en pro del Aquazol® 500 (con mayor capacidad adhesiva); el Mowilith® SDM5 por su elevada capacidad de deformación en comparación con el tipo de pintura a intervenir y su excesiva acidez, junto al Plexisol® P550 y Beva® 371 por tratarse de adhesivos que requieren el uso de la temperatura para su activación (factor contraproducente en la adhesión de este tipo de pintura termoplástica debido a su baja Tg).

Se buscaron aquellos adhesivos que imitaran, si bien con ciertos límites, lo máximo posible las características (flexibilidad, resistencia y capacidad de

deformación) de la pintura. Finalmente fueron seleccionados el Plextol® B500, Acril® 33 y Aquazol® 500 (Tabla 107 y Fig. 379).

Al comienzo, los adhesivos seleccionados son menos rígidos y un tanto menos resistentes que la pintura (Fig. 379)¹¹⁷³, exceptuando el Aquazol® 500 que es más resistente a la tensión, si bien presentan una mayor capacidad de deformación incluso después del envejecimiento (superan con creces el 4%). No obstante, estos polímeros soportarán, según las condiciones del ensayo realizado, una resistencia inferior a la de la pintura una vez envejecida, siempre y cuando se superen los 1,31 MPa (0,08 σ) para el Plextol® B500, los 2,29 MPa (0,38 σ) para el Acril® 33 y los 0,47 MPa (0,17 σ) para el Aquazol® 500, pudiendo producirse la rotura del *film* adhesivo y con ello un debilitamiento de la unión (ver Fig. 379).

9.1.2.1.3. Aplicación de los adhesivos:

Los adhesivos Plextol® B500, Acril® 33 y Aquazol® 500 (Tabla 108, Fig. 380), fueron aplicados a pincel sobre los rectángulos de pintura de 2,5 cm x 2,5 cm y la tela de retorta de algodón fina, tal y como suele realizarse en las intervenciones de restauración.

No obstante, no se utilizó ninguna fuente de calor para evitar el aumento del brillo o el aplastamiento de la superficie. El curado se realizó bajo peso durante dos semanas¹¹⁷⁴ a 23 ± 2 °C y 50 ± 5 % (Fig. 381)¹¹⁷⁵, antes de proceder al resto de ensayos.



Fig. 380. Plextol® B500, Acril® 33 y Aquazol® 500.



Fig. 381. Muestras Adhesión bajo peso.

¹¹⁷³ Tras el envejecimiento: incrementa su rigidez y resistencia, disminuyendo su capacidad de deformación (Fig. 380).

¹¹⁷⁴ Las muestras se colocaron sobre papel secante interponiendo Reemay®. Sobre estas se colocó un *film* de poliéster monosiliconado, una tabla de aglomerado y peso. La aplicación de calor se desaconseja en este tipo de pinturas debido a su sensibilidad y riesgo de aparición de brillos y aplanado.

¹¹⁷⁵ ASTM. ASTM D1183-03. *Op. cit.*, pp. 1-3.

La cantidad de producto se calculó pesando las muestras posteriormente al curado con una báscula de precisión *BEL Engineering* (ver Tabla 110).

Tabla. 108. Adhesivos aplicados.

Nº	Adhesivo	%
1	Plextol® B500	100
2	Acril® 33	100
3	Aquazol® 500	20

9.1.2.2. Envejecimiento acelerado por exposición a Humedad Relativa y Temperatura:



Fig. 382. Cámara climática Weiss WK3 180/40. ITC-UJI.

Tras el secado de las muestras del grupo adhesión, se apartó el Grupo A previamente intervenido. Este fue envejecido en una cámara climática Weiss 180/40 WK3 (Fig. 382)¹¹⁷⁶ en el Instituto de Tecnología Cerámica-UJI, según las condiciones especificadas en la Tabla 51 y punto 8.1.2.2. Dichas muestras no fueron expuestas al envejecimiento B al entender que el amarilleo del adhesivo no era relevante en estas intervenciones al quedar debajo del estrato adherido.

9.1.2.3. Colorimetría:

A fin de evaluar los cambios de color producidos tras la adhesión de las muestras se utilizó un espectrofotómetro *Konica Minolta CM-700d* y software *Spectra Magic NX*. Las medidas, llevadas a cabo en los laboratorios del IVC+R, fueron realizadas antes y después de la adhesión y posteriormente al envejecimiento (Fig. 383). Las condiciones de trabajo fueron: rango espectral 400 nm-700 nm, intervalo de medida de 10 nm, iluminante D65, observador estándar de 10°, geometría óptica mediante sistema de esfera integradora de luz difusa d/8 (iluminación difusa, 8° ángulo detección), diámetro área de medida de 3



Fig. 383. Espectrofotómetro Konica Minolta.

¹¹⁷⁶ WEISS® WK3 180/40: volumen 190-1.540l, rango Tª: -75°C-180°C, alto gradiente variaciones +-10°C/min, rango HR: 10-98%. Software S!MPATI®.

mm, componente especular excluido (SCE) y espacio de color CIEL*a*b*¹¹⁷⁷.

9.1.2.4. Medida del brillo:

Las medidas de brillo de las muestras adheridas (Grupos 0 y A), se llevaron a cabo antes, después de la aplicación de los productos seleccionados y tras el envejecimiento acelerado de las muestras. Estas se realizaron siguiendo la misma metodología explicada anteriormente, si bien las lecturas se realizaron colocando las muestras (1,5 cm x 7,5 cm), sobrepasando unos 0,5 cm el tamaño de la ventana sobre un vidrio calidad espejo según la normativa vigente¹¹⁷⁸.

9.1.2.5. Ensayos de esfuerzo-deformación:

Debido a la importancia de los resultados de los ensayos de esfuerzo-deformación de la pintura Aqualux® blanca en la selección de los adhesivos, se consideró necesario incluirlos en el apartado 9.1.2.1.2. Ver punto 8.2.6.

9.1.2.6. Evaluación del nivel adhesivo:

Una vez secado el sistema de recubrimiento, se pegó una sufridera circular de aluminio de 2 cm de diámetro sobre la pintura con Araldit® Rápido (Tabla 109 y Fig. 384-385), aplicado a peso en pequeña cantidad para asegurar una unión firme y continua, así como la repetitividad del ensayo. Pues, los valores de rotura están en relación con la cantidad de adhesivo aplicado (ver Tabla 110).

El curado se desarrolló bajo peso en condiciones de equilibrio según la

Tabla. 109. Características Aradit® Rápido.

Aradit® Rápido	
Tipo	Resina epoxi: dos componentes
Tiempo trabajo	3-5 minutos
Inicio curado	10 minutos
Tiempo máximo curado	4h (máxima resistencia a las 12h a 20-25°C)
Tiempo mínimo curado	30 minutos (puede soportar cargas en 1h)
T^a, op. máx.	60°C
Contenido	32g
Usos	Adhesivo para metal, cerámica, joyería, goma, vidrio, piel, madera y la mayoría de plásticos duros resistentes al calor, aceite y grasa

¹¹⁷⁷ El iluminante estándar D65 (temperatura de color 6500K), es el más parecido a la luz natural. BROCK, GROTEKLAES, MISCHKE. *Op. cit.*, pp. 370-373.

¹¹⁷⁸ *Ibid.*, pp. 5, 6-12. Cfr. ELCOMETER. *Elcometer 407. Op. cit.*, pp. 1-28. Micrómetro: cuadrante de 19 mm, profundidad de cuello 0-10 mmm y sensibilidad de lectura de 0,01 mm. AENOR. UNE-EN ISO 2808. *Op. cit.*, pp. 1-35.

norma UNE-EN ISO 4624 (Fig. 385)¹¹⁷⁹.

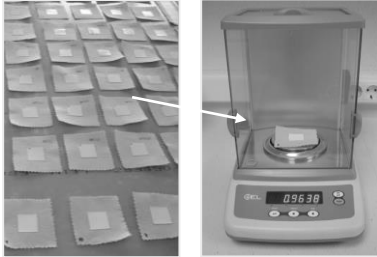
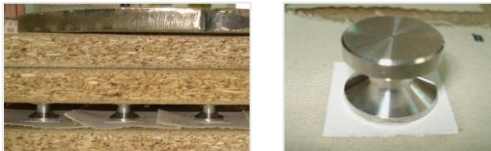
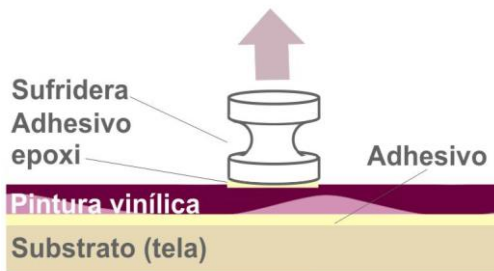


Tabla. 110. Grupo 0 y A, sin envejecer. Promedio y desviación típica (σ) cantidad adhesivo y epoxi (Araldite® Rápido).

Adhesivo	Montaje (tela + pintura + adhesivo). Adhesivo (g)		Montaje + sufridera (7,35g). Epoxi (g)	
	Media	σ	Media	σ
PLEX	0,0767	0,0069	0,0182	0,0031
AC	0,0878	0,0146	0,0301	0,0356
A5	0,0792	0,0058	0,0187	0,0028



¹¹⁷⁹ Tabla: Cfr. HUNTSMAN. *Advanced materials*. [En línea]. Copyright © 2001-2011 Huntsman International LLC. <www.huntsman.com>. [Consulta: 24/08/11]. CEYS. *Adhesivos y pegamentos*. [En línea]. Ceys®, S.A. Barcelona. <www.mundoceys.com>. [Consulta: 24/08/11]. Adhesivo con propiedades de cohesión y adherencia superiores a las del recubrimiento ensayado para obtener su despegue o rotura. AENOR. UNE-EN ISO 4624. *Op. cit.*, p. 9.

En primer lugar y como referencia del nivel adhesivo a alcanzar tras la intervención, se realizó la medida de la adhesión de la pintura aplicada a pincel sobre la tela. En segundo lugar, se llevó a cabo la medida de la adhesión resultante tras el tratamiento de las muestras antes y después de su envejecimiento tipo A, a fin de evaluar los posibles cambios de adhesión¹¹⁸⁰.

Así, las muestras fueron sometidas a un ensayo de tracción controlado, midiendo la fuerza requerida para romper la unión del recubrimiento-sustrato. Cada una de ellas fue pegada sobre la base circular de acero de la torre de comportamiento mecánico INSTRON 3345 con cinta de doble cara para evitar su deformación elástica y/o plástica. A su vez, sobre la muestra se depositó un anillo de metacrilato de 15 cm de diámetro sujeto con tres gatos a la base como se observa en la Fig. 387-388. A continuación se colocó un dispositivo de aluminio encajado a la sufridera y firmemente sujeto a las mordazas de la torre de comportamiento mecánico. Para ello, se adaptó la pieza de sujeción de un ELCOMETER® *Adhesion Tester* N/mm² (MPa), 16 lin², que fue desmontado a tal fin (Fig. 388).

Se emplearon cinco probetas para cada ensayo (pintura sobre tela, pintura adherida sin envejecer y pintura adherida tras envejecimiento termohigrométrico: tipo A), los cuales fueron realizados en condiciones de 23± 2 °C y 50± 5 %. Previamente y siguiendo la normativa UNE-EN ISO 4624, se cortó el adhesivo curado y la película pictórica hasta el sustrato, siguiendo la circunferencia de la sufridera mediante un bisturí¹¹⁸¹.

Las condiciones de trabajo empleadas para realizar el ensayo de tracción fueron las siguientes: célula de carga 500 N, velocidad constante de separación de las mordazas de 10 mm/min y aplicación del esfuerzo de tracción perpendicular al plano del sustrato pintado con rotura dentro de los primeros 90 s desde el momento inicial de su aplicación según la norma anterior. En cada muestra se calculó la tensión de rotura (σ) en MPa y se estudió la naturaleza de la misma¹¹⁸².

A fin de establecer el tipo de fractura, además de realizar una inspección visual de cada una de las muestras, se llevó a cabo un análisis informático de

¹¹⁸⁰ ASTM D1183-03. *Op. cit.*, pp. 1-3.

¹¹⁸¹ AENOR. UNE-EN ISO 4624. *Op. cit.*, pp. 8 y 10.

¹¹⁸² *Ibid.*, p. 13.

la imagen obteniendo una medición más precisa. A partir de fotografías de alta resolución (300 ppp) y los programas Photo-Paint® 12 y/o Adobe® Photoshop CS3, se realizó el cálculo de píxeles y porcentajes, empleando diferentes máscaras tal y como se aprecia en la Fig. 389.

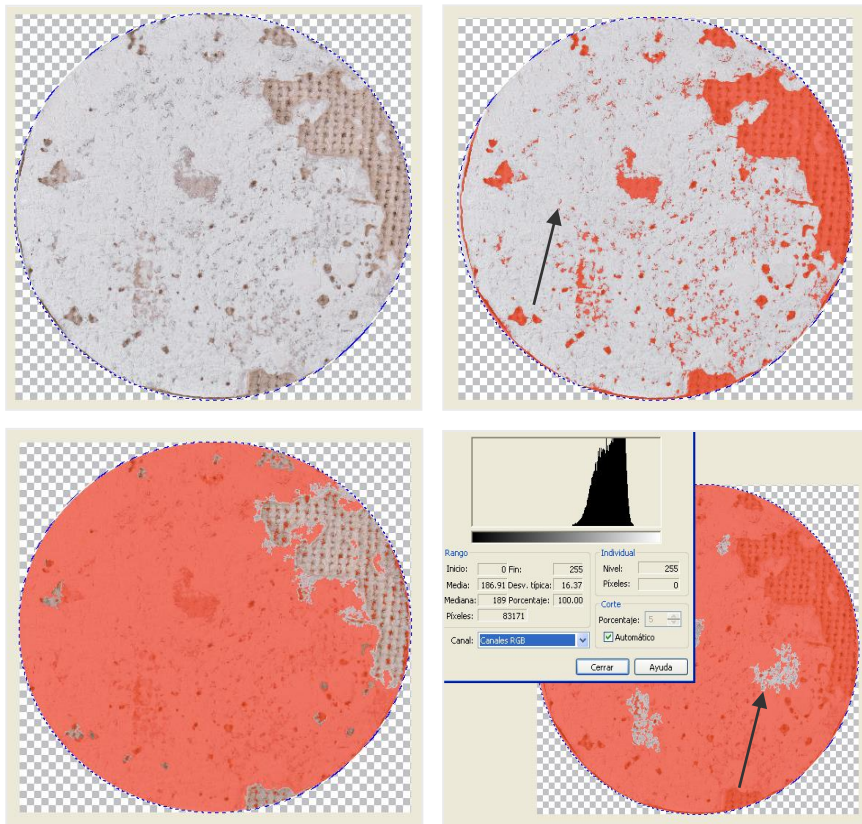


Fig. 389. Medición de píxeles en muestras del Grupo Adhesión y Consolidación para la evaluación del porcentaje del tipo de rotura.

9.1.3. Resultados y discusión:

9.1.3.1. Colorimetría:

En la evaluación óptica de la adhesión se contemplaron los cambios de color y brillo en la superficie de las muestras tras la adhesión (Tabla 111 y Fig. 390).

Así, vemos que la coordenada que más varía tras el envejecimiento tipo A es la L*.

En las probetas tratadas con Acril® 33 y Plectol® B500 se produce un incremento en prácticamente un punto, lo que podría tener relación con la modificación de la textura y/o color como resultado del sistema y/o aplicación del adhesivo (arrugado de la superficie).

No obstante, el ΔE^* es aceptable en los tres casos, siendo menor en el Aquazol® 500 y mayor en el Plectol® 500. De modo que el Acril® 33 quedaría en lugar intermedio respecto a dichos cambios.

Tabla. 111. Aqualux®. Media y desviación (σ) coordenadas cromáticas L*, a* y b*, tras adhesión.

P.	Mu.	L*		a*		b*		ΔE^*
		Media	σ	Media	σ	Media	σ	
-	B1-5	93,47	0,24	-0,34	0,02	3,45	0,08	-
A5	B6-10	93,9	0,3	-0,4	0,02	3,52	0,21	0,44
AC	B11-15	94,4	0,3	-0,36	0,04	3,35	0,11	0,93
PLEX	B16-20	94,5	0,3	-0,39	0,01	3,29	0,22	1,04

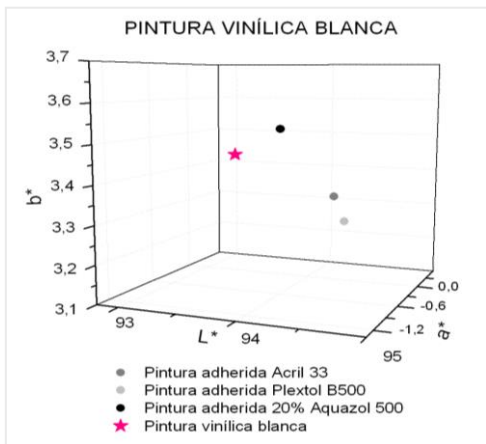


Fig. 390. Coordenadas L*a*b* muestras adhesión.

9.1.3.2. Medición del brillo a 60°:

Efectivamente, el brillo aumenta tras la intervención, siendo más alto con el Plectol® B500, que con el Aquazol® 500, si bien este disminuye como el Acril® 33 debido a un arrugado de la superficie (Tabla 112 y Fig. 391).

Tabla. 112. Media brillo 60° (GU) y desviación estándar (σ) adhesión.

Prod.	60° Inicial (GU)	σ	60° Final (GU)	σ	Dif. Ab.	Dif. Rel. (%)
PLEX	36,4	0,2	42,40	1,07	5,97	16,40
AC	36,4	0,2	22,9	0,7	13,54	-37,16
A5	36,4	0,2	39,15	1,03	2,72	7,47

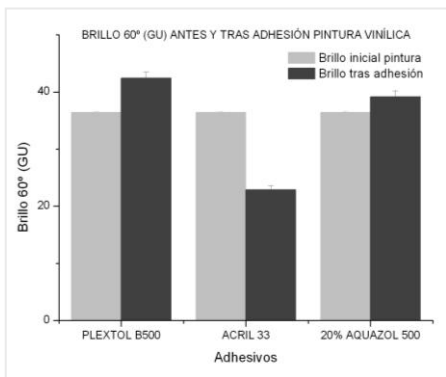


Fig. 391. Brillo 60° muestras antes y tras la adhesión.

8.1.3.3. Medición del nivel adhesivo: test de arranque por tracción:

Las muestras se sometieron a un ensayo de tracción, midiendo la fuerza requerida para romper la unión del recubrimiento-sustrato¹¹⁸³. Teniendo en cuenta la relación de la masa del adhesivo aplicado, con la tensión de rotura, se compararon los resultados obtenidos tras el curado y el envejecimiento tipo A. (Tabla 113, Fig. 392-397).

Dichos resultados se representaron gráficamente y se compararon además con la tensión de rotura de la pintura Aqualux® aplicada directamente sobre algodón, la cual fue tomada como referencia del nivel de adhesión óptimo a alcanzar (Tabla 113-114, Fig. 399).

Por otro lado, a fin de evaluar correctamente la actuación del adhesivo se estudió la naturaleza de la rotura mediante el tratamiento informático de las imágenes sitas en la presente página y siguientes (ver punto 8.2.1.5 y Fig. 392-397).

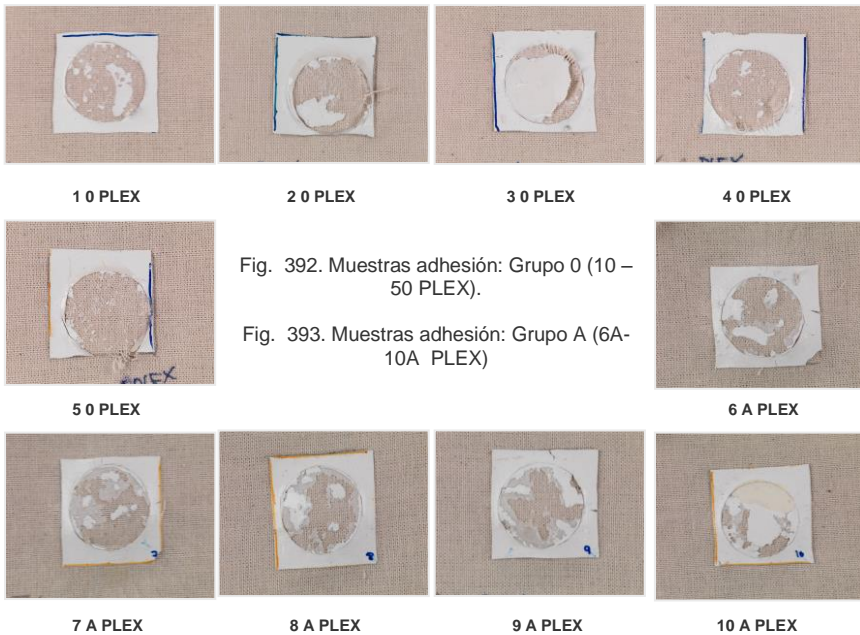


Fig. 392. Muestras adhesión: Grupo 0 (10 – 50 PLEX).

Fig. 393. Muestras adhesión: Grupo A (6A- 10A PLEX)

¹¹⁸³ AENOR. UNE-EN ISO 4624. *Op. cit.*, p. 13.



10 AC

20 AC

30 AC

40 AC



50 AC

Fig. 394. Muestras adhesión: Grupo 0 (10 AC-50AC).

Fig. 395. Muestras adhesión: Grupo A (21-25 A AC)



21 A AC



22 A AC



23 A AC



24 A AC



25 A AC



1 0 A5



2 0 A5



3 0 A5



4 0 A5



5 0 A5

Fig. 396. Muestras adhesión: Grupo 0 (10-50 A5).

Fig. 397. Muestras adhesión: Grupo A (36-40 AA5)



36 A5



37 A5



38 A5



39 A5



40 A5

Un análisis organoléptico de las muestras indicó que pueden distinguirse tres tipos de comportamiento. En primer lugar, destaca la rotura limpia de las muestras adheridas con Aquazol® 200 (Fig. 396-397), frente a la rotura heterogénea de aquellas tratadas con Plectol® B500 (Fig. 392-393) y Acril® 33, respectivamente (Fig. 394-395).

En ambos casos, aunque de forma más evidente en el último, la pintura parece verse afectada por el propio adhesivo, quedando laminada y adherida al soporte textil. De ahí, que el Aquazol® 200 haya dado el comportamiento más óptimo en este sentido.

Los gráficos e imágenes siguientes, agrupados en la Fig. 398, corresponden a un ejemplo de las curvas de arranque de tracción obtenidas tras el testado de dos muestras patrón. Esto es, de la pintura vinílica pintada sobre la tela de algodón.

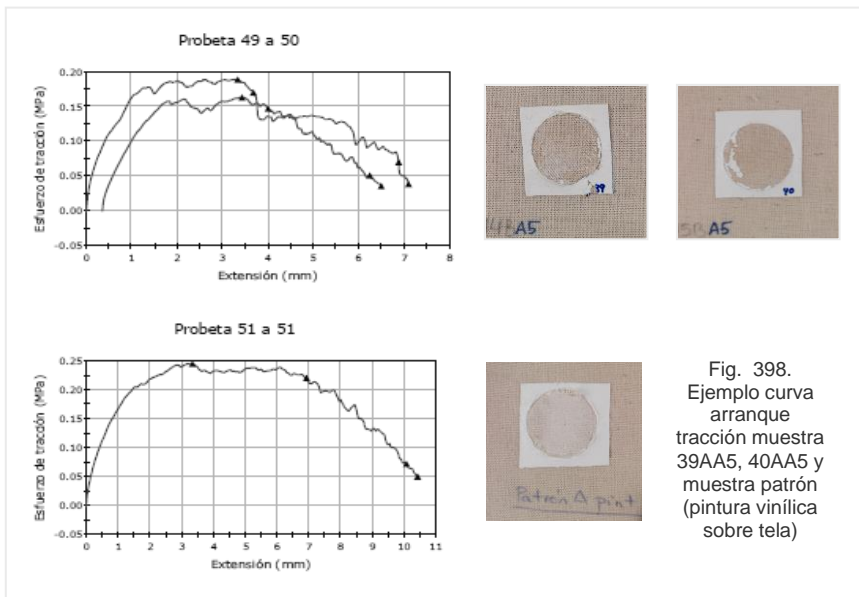


Fig. 398.
Ejemplo curva
arranque
tracción muestra
39AA5, 40AA5 y
muestra patrón
(pintura vinílica
sobre tela)

La Tabla 113 aglutina tanto el peso del adhesivo y epoxi aplicados en el montaje, como la tensión de rotura y el % de la naturaleza de la rotura antes y después del envejecimiento de las muestras, representada en la Fig. 399.

De igual modo la Tabla 114, recoge la tensión de rotura media de la pintura blanca Aqualux® aplicada directamente sobre la tela.

Tabla. 113. Muestras *Film Aqualux®* adherido a tela. Peso adhesivo y epoxi, tensión rotura media, muestras antes (0) y tras envejecimiento tipo A.

% naturaleza de la rotura muestras antes y después de envejecer.

Adhesivo (g), epoxi (g) y tensión rotura (Mpa)				% naturaleza de la rotura						
Muestra	Ad. (g)	Ep. (g)	Mpa	% A/B	% B/C	% C	% C/D	% D/E		
0	PLEX	1	0,086	0,024	0,39	66,52	3,45	-	30,02	-
		2	0,083	0,019	0,36	67,65	8,52	23,82	-	-
		3	0,081	0,015	0,29	26,09	-	-	-	73,91
		4	0,078	0,018	0,32	85,47	6,64	-	7,89	-
		5	0,082	0,014	0,34	88,32	4,71	6,97	-	-
		6	0,079	0,020	0,35	58,91	11,03	6,97	23,09	-
		7	0,063	0,022	0,36	50,93	37,68	3,53	7,86	-
		8	0,073	0,014	0,33	48,88	24,23	-	-	26,89
		9	0,072	0,019	0,30	44,31	29,86	5,66	20,17	-
		10	0,071	0,018	0,28	18,82	6,25	18,52	27,99	28,41
A	AC	1	0,080	0,017	0,30	8,51	7,01	-	84,48	-
		2	0,088	0,018	0,34	30,84	22,07	47,09	-	-
		3	0,072	0,017	0,34	13,21	3,75	83,04	-	-
		4	0,073	0,020	0,37	19,65	10,18	33,67	36,5	-
		5	0,079	0,018	0,30	12,22	1,5	86,28	-	-
		21	0,108	0,014	0,29	33,39	22,61	44	-	-
		22	0,077	0,024	0,31	14,55	15,05	63,37	7,04	-
		23	0,108	0,023	0,32	33,58	10,61	51,92	3,89	-
		24	0,086	0,019	0,29	17,68	19,49	54,06	6,3	2,47
		25	0,107	0,131	0,37	31,15	49,44	19,41	-	-
0	A5	1	0,079	0,019	0,22	97,62	-	-	-	2,38
		2	0,071	0,014	0,19	92,47	-	-	-	7,53
		3	0,076	0,016	0,22	97,79	-	-	-	2,21
		4	0,078	0,016	0,20	96,32	-	-	-	3,68
		5	0,081	0,021	0,21	93,82	-	-	-	6,18
		36	0,081	0,022	0,24	-	92,13	-	-	7,87
		37	0,075	0,020	0,21	90,54	-	-	-	9,46
		38	0,091	0,021	0,26	77,37	-	22,63	-	-
		39	0,075	0,022	0,19	96,32	-	-	3,68	-
		40	0,086	0,016	0,16	90,24	-	-	-	9,76

Tabla. 114. Aqualux® sobre tela. Tensión rotura, media y desviación estándar (σ).

Muestra 1AI-5AI	MPa
Media	σ
0,24	0,03

9. Adhesión y consolidación de pintura vinílica

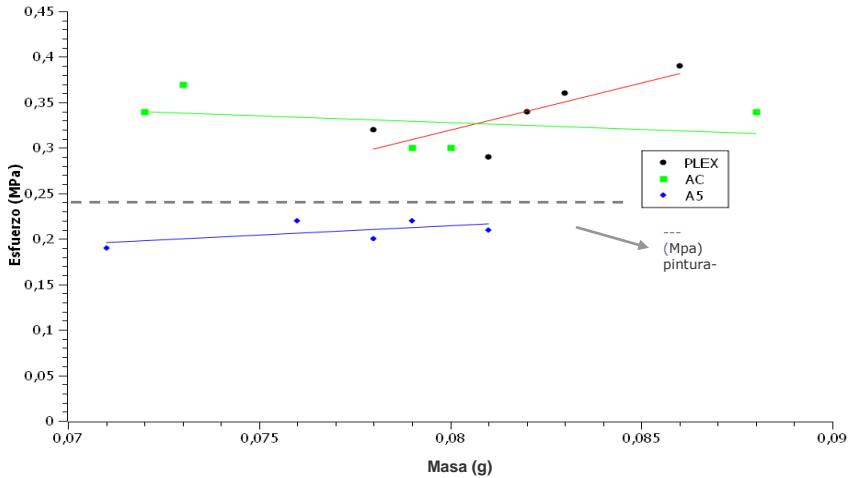


Fig. 399. Plextol® B500, Acril® 33 y Aquazol® 500. Tensión de rotura inicial en función de la masa del adhesivo.

Según la Tabla 113 y la Fig. 399, observamos que antes del envejecimiento la tensión de rotura del Plextol® B500 y Acril® 33 son mayores que la del Aquazol® 500. Del mismo modo, el nivel de adhesión aportada por los dos primeros es superior a la de la pintura original. Por contra, como hemos visto el Aquazol® 500 da una tensión de rotura menor (Tabla 113 y 114).

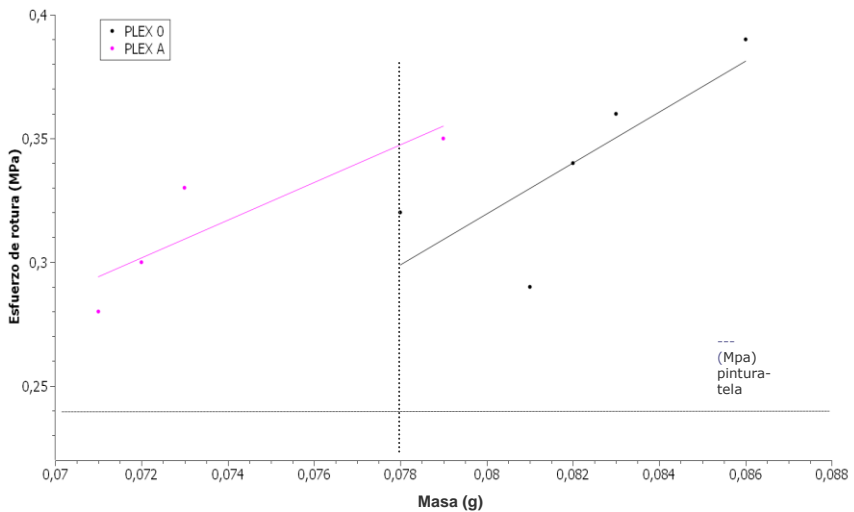


Fig. 400. Plextol® B500. Tensión de rotura en función de la masa del adhesivo.

Si nos centramos en el comportamiento de cada uno de los materiales, vemos, según indica la Tabla 113 y la Fig. 400, que a una misma masa de adhesivo (0,078 g), la tensión de rotura media del Plextol® B500 aumenta tras el envejecimiento tipo A. Esta es superior a la tensión media de la pintura blanca Aqualux® (Tabla 114).

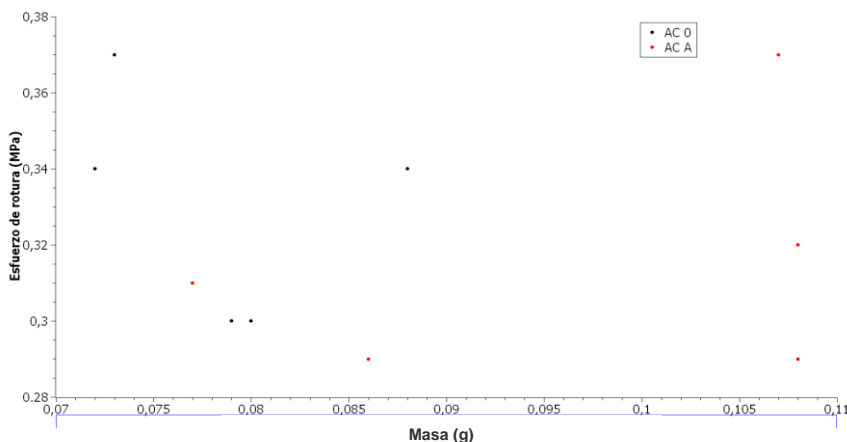


Fig. 401. Acril@ 33. Tensión de rotura en función de la masa del adhesivo.

La tensión de rotura de las muestras tratadas con Acril@ 33 (Fig. 399) parece acercarse a la del Plextol® 500, si bien debido a la afectación física de las muestras por este y al margen de error, no es posible determinar con exactitud su comportamiento tras el envejecimiento (Fig. 401).

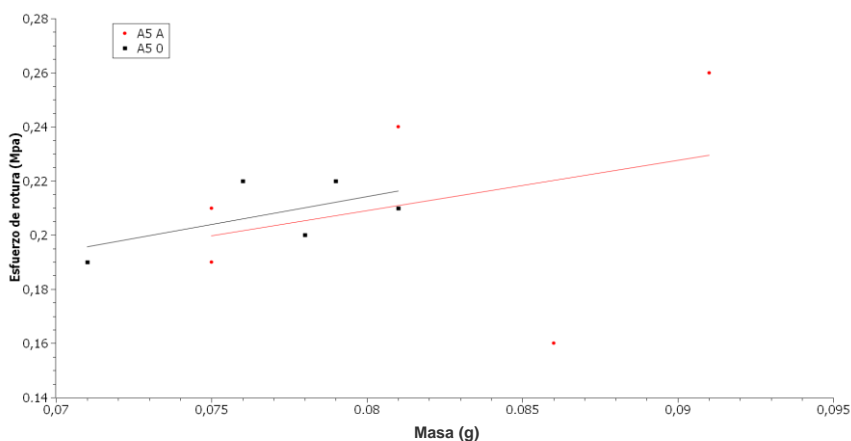


Fig. 402. Acuazol@ 500. Tensión de rotura en función de la masa del adhesivo.

Por su parte, el Aquazol® 500 provee una tensión de rotura que prácticamente tiende a mantenerse tras la fase de envejecimiento tipo A y es inferior a la tensión media de la pintura blanca Aqualux® y a la de los otros dos adhesivos ensayados (Tabla 113-114 y Fig. 399 y 402). No obstante, para evaluar correctamente la actuación del adhesivo debemos estudiar la naturaleza de la rotura (8.2.1.5 y Fig. 392-397). La parte derecha de la Tabla 113 recoge el porcentaje de cada tipo en cada una de las muestras ensayadas, representadas en la Fig. 403.

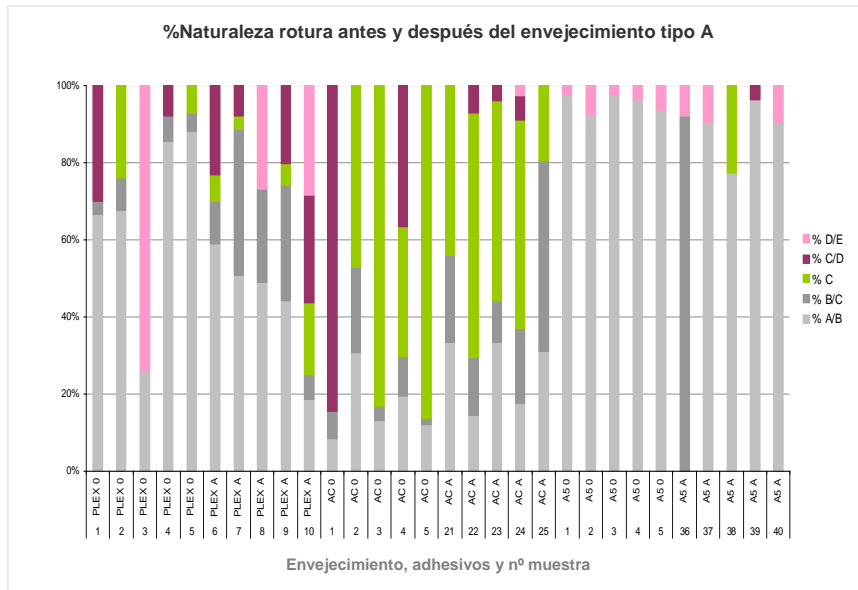


Fig. 403. % naturaleza de la rotura antes y tras el envejecimiento Tipo A.

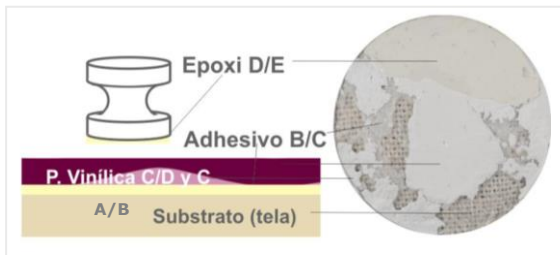


Fig. 404. Esquema tipos de rotura muestras.

Así, se han hallado cinco de tipos, tal y como indica la Fig. 405: rotura adhesiva del adhesivo respecto a la tela (A/B), rotura adhesiva del adhesivo respecto a la pintura (B/C),

rotura cohesiva de la pintura (C), rotura adhesiva de la pintura respecto a la resina epoxi empleada en el montaje (C/D) y rotura adhesiva de la epoxi en cuanto a la sufridera metálica (D/E). Antes de analizar los resultados, cabría señalar que la rotura D/E (Fig. 404) tendría relación con algún error el montaje de la muestra (engrasado de la pintura o sufridera) y no directamente con la evaluación del adhesivo empleado. Puesto que la rotura se produce en los puntos más débiles, un 100% rotura de tipo C/D podría indicar que el adhesivo ha cumplido su función manteniendo unida la pintura a la tela. No obstante, en la teoría de la adhesión se prefiere que el fallo sea de tipo adhesivo cohesivo (Fig. 372).

Según esto y en base a los datos de la Tabla 113, para el Plextol® B500 (Fig. 392-393 y 403) antes de envejecer, prácticamente más de la mitad de la superficie de las muestras corresponde a un tipo de rotura de tipo A/B (rotura adhesiva del adhesivo respecto a la tela), y en menor grado B/C, con excepción de la muestra 3 PLEX debido a un posible fallo. A su vez, las muestras 1 y 2 PLEX han presentado un porcentaje considerable de rotura C/D y tipo C (rotura cohesiva pintura), respectivamente. Tras el envejecimiento tipo A, el modo de rotura A/B se mantiene como el principal tipo de fractura prácticamente en la mitad de las muestras, seguido del tipo B/C que aumenta en la totalidad y del C/D en cuatro. Además, la rotura D/E aparece en dos de estas. Aunque la gran mayoría presenta roturas no deseables tipo C, la superficie afectada es pequeña. Esto indicaría un posible aumento de la fuerza adhesiva respecto a la fuerza cohesiva de la pintura.

Por su parte, el Acril® 33 (ver Tabla 113 y Fig. 394-395 y 403), presenta antes y tras envejecer un predominio del tipo C de rotura (rotura cohesiva del estrato pictórico en más de la mitad de la superficie de 4 muestras y en menos de la mitad de las cinco muestras envejecidas), lo cual es del todo cuestionable en esta clase de pintura tan reciente (11 meses), al denotar una afectación de la pintura por acción del adhesivo. Dicha afectación puede deberse a una mayor fuerza adhesiva respecto a la fuerza cohesiva de la pintura y/o al pH de este producto (pH: 9-10 en dispersión), ya que según los investigadores la pintura vinílica se retira con un pH >6. Además, se han producido fallos de tipo A/B y B/C en la totalidad de las muestras antes y después de envejecer, con fallos más pequeños en los otros tipos.

El Aquazol® 500 (Ver Tabla 113 y Fig. 396-397 y 403) ha generado una notable presencia de fallos de tipo A/B (rotura adhesiva del adhesivo respecto a la tela) con un bajo % de fallos D/E, en la mayoría de las muestras antes de envejecer. Tras el envejecimiento, parece disminuir este tipo de rotura, pero sigue siendo considerable en cuatro muestras, seguido de fallos D/E. En las

muestras envejecidas aparece una muestra con fracturas B/C (36AA5), otra con C (38AA5) y otra con C/D (39AA5): Fig. 403.

Tal y como muestra la Fig. 372 (ver C.6), un fallo cohesivo del adhesivo es lo más deseable, pues indica su buena afinidad respecto a los sustratos a adherir. Sin embargo, en nuestro caso, el Aquazol® 500, seguido del Plextol® 500, ha presentado un predominio de la rotura adhesiva del adhesivo respecto a la tela (A/B). Esto significa, que debido a la rugosidad y porosidad de esta, el adhesivo no ha cumplido correctamente su función. El Plextol® 500 ha incrementado el porcentaje de roturas B/C. Por el contrario, el Acril® 33 presenta un mayor porcentaje zonas con fallos cohesivos de la pintura (C), lo que es del todo preocupante. Además de una posible mayor fuerza adhesiva del polímero respecto a la fuerza cohesiva del estrato pictórico, en ambos casos el pH de ambas dispersiones (pH 9-10) puede haber afectado de algún modo la pintura, siendo el Acril® 33 el que lo ha hecho en mayor grado. La heterogeneidad de la disposición de los fallos de las muestras tratadas con Plextol® 500 y Acril® 33 contrasta con la homogeneidad de aquellas intervenidas con Aquazol® 500.

Podemos concluir diciendo, que lejos de obtener unos resultados óptimos, el nivel de adhesión proporcionado por el Plextol® 500 y Acril® 33 en pintura vinílica reciente (menor de 1 año), es superior al nivel adhesivo de la pintura aplicada a pincel sobre tela, e inferior en el caso del Aquazol® 500. El Acril® 33 tendría una mayor afinidad por el sustrato textil que el resto.

Conforme con estos datos, aunque en principio se trata de materiales mecánicamente compatibles con la pintura, el resultado no sería satisfactorio, pues lo ideal sería alcanzar una adhesión lo más similar posible a la del estrato original. Con lo cual, o bien por exceso o bien por defecto, ninguno de los tres adhesivos habría alcanzado este valor. Puesto que además del modo de aplicación, existe una influencia entre la cantidad de adhesivo aplicado y la tensión de rotura, una opción sería disminuir o aumentar dicha cantidad o bien, realizar pruebas disminuyendo la concentración del adhesivo.

El análisis de los datos indica que aunque no llega a alcanzar la tensión de rotura de la pintura blanca Aqualux® aplicada sobre tela, probablemente el Aquazol® 500 sea el producto más adecuado en comparación con los anteriores. Frente a sus limitaciones para mantener la pintura y la tela unidas a largo plazo, cabría valorar como positivos los bajos cambios ópticos, el nivel adhesivo menor al de la pintura, su estabilidad, el predominio por el tipo de fractura A/B, junto a la homogeneidad y limpieza de la misma.

Además, en caso de fallo adhesivo, los restos de adhesivo adheridos a la pintura podrían eliminarse con agua. No obstante, cabría vigilar el aumento

de la adhesión y la rotura cohesiva de pequeñas partículas de pintura producidas en una de las muestras. En contraste, destacamos los malos resultados del Acril® 33 para este tipo de pintura, el cual además produce cambios ópticos no deseables (disminución del brillo del -37,16%), unidos al efecto irregular del Plectol® B500, que mantendría la unión de los estratos pero en el que aun habiendo logrado un aceptable ΔE^* , habría dado un aumento del brillo del 16,4% y una pequeña pero preocupante afectación de las muestras (rotura tipo C).

En líneas generales y al margen de otras pruebas, se ha podido comprobar el interés y utilidad de la información proporcionada por este tipo de ensayos adaptados al ámbito de la restauración, poniendo de relevancia los distintos niveles de adhesión obtenidos por los adhesivos respecto al estrato a estabilizar, la variación de estos niveles tras el envejecimiento termohigrométrico (tipo A), la influencia de la cantidad de adhesivo aplicado sobre el nivel de adhesión, la distribución heterogénea de los puntos de fallo adhesivo aun cuando el producto se ha aplicado homogéneamente y la posibilidad de afectación del estrato pictórico por el adhesivo (rotura cohesiva de la pintura).

9.2. CONSOLIDACIÓN DE PINTURA VINÍLICA:

9.2.1. Objetivos y principios generales:

9.2.1.1. Envejecimiento acelerado por exposición a Humedad Relativa, Temperatura e irradiación UV-A:

Los objetivos planteados fueron estudiar el comportamiento óptico y la cohesión tras la aplicación de los polímeros seleccionados sobre estratos de pintura vinílica pulverulenta, y tras envejecer (ver 8.1.1.2 y 8.1.1.2.1).

9.2.1.2. Colorimetría:

Se determinaron los cambios ópticos de los estratos pictóricos vinílicos consolidados, antes y tras el envejecimiento acelerado, a través del cálculo de la diferencia de color (ΔE), según se explica en el punto 8.1.1.3.

9.2.1.3. Medida del brillo:

Se evaluaron los cambios de brillo de las capas vinílicas consolidadas antes y tras su envejecimiento (ver: 8.1.1.4 y 8.1.1.4.1).

9.2.1.4. Ensayos de esfuerzo-deformación:

Basándonos en los principios expuestos en el punto 8.1.1.6, se realizaron este tipo de pruebas teniendo en cuenta la compatibilidad mecánica entre el adhesivo y el aglutinante vinílico escogido en la elaboración de las probetas.

9.2.1.5. Medida de la consolidación:

Tal y como señalamos, los sistemas más utilizados para medir la fuerza adhesiva de una película pictórica a un sustrato eran el ensayo de adherencia por tracción y el de corte por enrejado y pelado (Fig. 405).

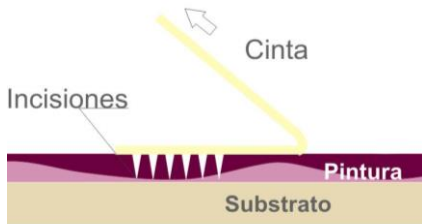


Fig. 405. Ensayo de corte por enrejado y pelado a 60°.

Este último, se combina a su vez con el **ensayo de pelado** (a 60°, 90° o 180°)¹¹⁸⁴ y se utiliza frecuentemente para valorar las cualidades técnicas de los adhesivos. En la evaluación de la consolidación nos decantamos por la utilización del ensayo de pelado sin la realización de los cortes.

En conjunto, dicho ensayo se emplea en la evaluación de la resistencia de la capa al ser separada del sustrato, tras realizar diversas incisiones en forma de damero con un cuchillo dentado hasta alcanzarlo. Esta evaluación se realiza interpretando la cantidad de partículas de pintura separadas del sustrato de acuerdo a un patrón clasificado en 4 porcentajes de pérdidas (0%, <5%, <15%, <35% y >65%)¹¹⁸⁵.

¹¹⁸⁴ AENOR. *Pinturas y barnices. Ensayo de corte por enrejado*. Norma UNE-EN ISO 2409. Madrid: AENOR, 1992. AENOR. *Pinturas y Barnices. Ensayo de adherencia por tracción*. UNE-EN ISO 4624. Madrid: AENOR, diciembre 2003. Ensayos utilizados en: YOUNG, C. *Op. cit.*, p. 249. Cfr. VV.AA. "Open Studio e intervento di restauro su un'opera di Sironi". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti del congresso CESMAR7 Milano, 2008. Padova: Il Prato, 2009, p. 185. Cfr. VV.AA. "Studi preparatori finalizzati al restauro di due dipinti su tela dell'Ottocento". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso CESMAR7 Milano, 2008. Padova: Il Prato, 2009, pp. 107-109.

¹¹⁸⁵ Tras realizar las incisiones en damero con un cuchillo provisto de 6 cuchillas, cuya separación se escoge según el grosor de la capa, se pasa un pincel y se adhiere una cinta adhesiva que luego es despegada. La propiedad medida mediante este método de ensayo depende, entre otros factores, de la adherencia del revestimiento, bien al sustrato, o bien a la capa anterior a este. No debe considerarse un medio para medir

Por otra parte, el test de pelado puede realizarse siguiendo distintos métodos y a diferentes ángulos (ej. 60°, 90°, 180°), según la flexibilidad de los adherentes y tipologías de la unión adhesiva, pues no existe un único ensayo de este tipo que cumpla todos los requisitos en todos los casos¹¹⁸⁶. Según lo anterior, se denomina **fuerza de pelado** a fuerza necesaria para separar progresivamente las dos partes de una probeta pegada de dimensiones específicas (fuerza aplicada sobre las superficies adherentes en condiciones de ensayo específicas y expresadas en N).

La **resistencia de pelado** se define como: fuerza media por unidad de anchura de la probeta, medida a lo largo de la línea de pegado, requerida para separar o producir la rotura de una unión adhesiva, progresivamente los dos adherentes de una probeta pegada en condiciones de ensayo especificadas. Este valor se expresa en N/mm¹¹⁸⁷.

la adherencia, debiendo recurrirse a la Norma ISO 4624:2003. AENOR. Norma UNE-EN ISO 2409. *Op. cit.*, pp. 3-5.

El ensayo de pelado (*peel test*) con cinta adhesiva se considera esencialmente un test cualitativo limitado a recubrimientos con una adhesión débil debido a las características adhesivas de la propia cinta. Este ensayo no debe interpretarse en términos de mecanismo adhesivo. Los resultados son difíciles de interpretar al estar influenciado por el ángulo de pelado, por el estrés positivo y negativo de tracción y cizalla o fuerza de corte o por la velocidad del ensayo. Según Young, mediante este test, utilizando un sistema de brazo fijo o un mandril cilíndrico, pueden estudiarse la rotura cohesiva asimétrica y la rotura interfacial. El test *TDCB* está indicado para monitorizar fallos de tipo cohesivo. RICKERBY, D., MATTHEWS, A. (Ed.). *Ibid.*, pp. 327-328. ZORLL, U. *Op. cit.*, p. 6. YOUNG, C. *Op. cit.*, pp. 73-79.

¹¹⁸⁶ Por ejemplo, el ensayo de pelado a 180° se aplica cuando la unión encolada está formada por dos adherentes flexibles, con igual módulo de elasticidad o diferente. El ensayo a 90°, realizado con un dispositivo de pelado que garantice un ángulo constante, se aplica para medir la resistencia al pelado cuando, al menos, uno de los dos adherentes es flexible y el uso del pelado a 180° no puede aplicarse debido a la formación de fisuras o delaminaciones en uno de los adherentes. AENOR. *Adhesivos. Ensayo de pelado para una unión encolada de adherente flexible sobre rígido*. Parte: 1. Pelado a 90°, p. 5. UNE-EN 28510-1. Madrid: AENOR, marzo 1993. AENOR. *Adhesivos. Ensayo de pelado para una unión encolada de adherente flexible sobre rígido*. UNE-EN 28510-2. Madrid: AENOR, febrero 1995. AENOR. *Adhesivos. Determinación de la resistencia al pelado de uniones adhesivas. Método del rodillo móvil*. Madrid: AENOR, febrero 2010. AENOR. *Adhesivos para papel y cartón, embalajes y productos sanitarios desechables. Ensayo de pelado en "T" a 180° para una unión encolada de adherente flexible sobre flexible*. UNE-EN ISO 1895. Madrid: AENOR, abril 2002, p. 6. AENOR.

¹¹⁸⁷ AENOR. *Adhesivos. Determinación de la resistencia al pelado de uniones adhesivas. Método del rodillo móvil*. Madrid: AENOR, febrero 2010, p. 6.

Al igual que ocurre en las fijaciones, la selección del consolidante y del sistema de aplicación suele realizarse de forma empírica. Sin embargo, en los últimos años y por lo que respecta a este tipo de intervenciones, se han publicado distintos trabajos en los que la realización de probetas y el desarrollo de diversos ensayos se plantea como un paso previo¹¹⁸⁸.

Los objetivos planteados consistieron en realizar la medición del nivel de cohesión resultante tras la aplicación de los consolidantes seleccionados en pintura vinílica pulverulenta sobre loneta de algodón antes y tras envejecer.

Debido a que todos los requerimientos exigibles al adhesivo y al proceso de unión son relevantes también en las intervenciones de consolidación¹¹⁸⁹, nos basamos en los principios teóricos y ensayos comentados en el Capítulo 6 y punto 9.2.1.5. Por tanto, el sustrato estará formado por las partículas del estrato disgregado y el soporte. De modo que el consolidante (ej. funori) actuará como un adhesivo en tres dimensiones (Fig. 406).

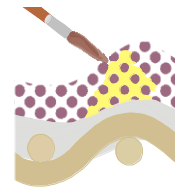


Fig. 406.
Consolidante
y sustratos.

9.2.2. Materiales y métodos:

9.2.2.1. Selección de materiales y realización de probetas:

9.2.2.1.1. Realización de probetas:

El diseño de las proveas se inspiró en 38 obras de gran formato de Vicent Peris y Uiso Alemany realizadas en los años 80 con pintura vinílica y alquitrán sobre loneta de algodón. Intervenidas por el IVC+R en 2010-2011 para la exposición *Un tiempo un Espacio* (ver Fig. 407-408)¹¹⁹⁰, en todas ellas, la pintura estaba aplicada directamente sobre la tela sin estrato preparatorio.

¹¹⁸⁸ Ver: Estado de la cuestión.

¹¹⁸⁹ HORIE, C.V. *Op. cit.*, p. 71. GÓMEZ GONZÁLEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 338. VV.AA. *Science for Conservators. Op. cit.*, p. 123. MARTÍN MARTÍNEZ, J. M. *Op. cit.*, p. 144. YOUNG, C. *Op. cit.*, pp. 247-256.

¹¹⁹⁰ *Un tiempo un Espacio* (1982-84), Vicent Peris y Uiso Alemany. Consorcio de Museos de la Comunidad Valenciana. 19/05/11 al 04/09/11. Restauradores: A. Ramirez, A. Pellicer, M^a T. Pastor, P. D'Antoni, S. Cunha y M. Pimenta.

Puntualmente presentaban zonas disgregadas, levantamientos y lagunas a causa de la interrelación de la técnica empleada y su exposición a condiciones adversas de almacenaje y manipulación¹¹⁹¹.

Las analíticas realizadas en el IVC+R corroboraron lo aportado por los artistas: la utilización de acetato de polivinilo y pigmentos¹¹⁹².

Teniendo en cuenta los tipos de ensayos a desarrollar, se formaron tres grupos de muestras (Grupo 0 o Patrón, Grupo A y Grupo B), con un tamaño de 5 cm x 17 cm con un área central pintada de 3 cm x 15 cm.

Cada uno de los grupos estaba compuesto a su vez, por 8 muestras realizadas con dos pigmentos distintos, uno claro (blanco de titanio) y uno oscuro (azul ultramar artificial)¹¹⁹³.

Imitando al soporte, las muestras se realizaron con una loneta de algodón 100% de la marca Caisa (Ref. AC 24 B, ver Fig. 411 y 412)¹¹⁹⁴. La capa

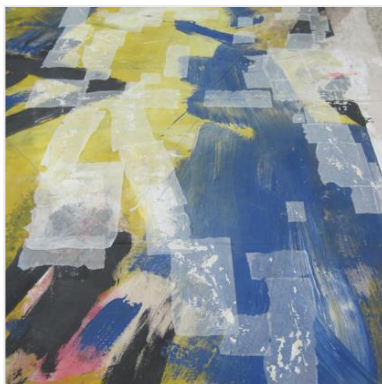


Fig. 407. Detalle de la protección de las obras de Peris y Alemany.



Fig. 408. Detalle consolidación obras Peris y Alemany.

¹¹⁹¹ Obras expuestas a HR muy elevada, calor y ausencia de luz, enrolladas con la capa pictórica hacia el interior o dobladas unas sobre otras.

¹¹⁹² Pigmentos identificados: Blanco litopón, tierras, azul fijado sobre carbonato de calcio, azul ultramar sintético, betún de Judea, etc. Informe Estudios científicos IVC+R AC10 y AC11 realizado en 2011.

¹¹⁹³ Datos de la tabla extraídos de: MONTAGNA, G. *I Pigmenti. Prontuario per l'arte e il restauro*. Firenze: Nardini, 1993. Fichas 18 y 32. CAMPINS DE CODINA, A. *Tecnología química de los barnices y pinturas*. Barcelona: Ed. Reverté, 1951, p. 127. GARDNER, SWARD. *Testing Manual. Physical and Chemical Examinations of Paints, Varnishes, Lacquers and Colors*. Philadelphia: ASTM, 1972. NATURAL PIGMENTS. ©2005-2011, Natural Pigments. Willits, CA. <www.naturalpigments.com>. [Consulta: 01/07/11]. Cfr. CTS. "Pigmentos puros CTS". [En línea]. CTS Italia. Fecha edición 09/11/07 <www.ctseurope.com>. [Consulta: 19/06/11].

¹¹⁹⁴ Loneta de algodón AC24B (1 cm²: 14 hilos urdimbre y 15 hilos trama).

pictórica fue realizada con látex Conrayt® y pigmentos CTS. A fin de obtener una pintura mate, ligeramente pulverulenta y sensible al roce, se eligió un 92,59% de Concentración Ponderal de Pigmento (CPP) ¹¹⁹⁵.

Esta se aplicó mediante espátula y un aplicador de capa con doble micrómetro *Elcometer® 3850*, garantizando la uniformidad de grosor y textura (Fig. 409-410 y Tabla 115) ¹¹⁹⁶.



Fig. 409 y 410. Elaboración de muestras y aplicador de capa.
Fig. 411 y 412. Algodón. 10X. Identificación de las fibras de la retorta fina y loneta empleadas en las probetas.

¹¹⁹⁵ EC: 33 **CPP = (P₁/P₁+ES).100**, donde: P₁: peso del pigmento; P₂: peso del aglutinante a una concentración determinada % C; ES: (P₂.C)/100. Así en la elaboración de la pintura se emplearon 5g pigmento + 4g 10% Látex vinílico Conrayt®, obteniendo una CPP de 92,59%. Fórmula empleada por: Cfr. ROCHE, A., OTTOLINI, S., RIGGIARDI, D. "Studio meccanico del potere consolidante di alcuni adesivi in rapporto a cariche e pigmenti utilizzati in pittura". *L'attenzione alle superfici pittoriche*. Atti Congresso CESMAR7. Saonara: Il Prato, 2009, pp. 144-145.

¹¹⁹⁶ AENOR. *Pinturas y Barnices. Ensayo de adherencia por tracción*. UNE-EN ISO 4624. Madrid: AENOR, diciembre 2003, p. 6.

Las tablas 115 -116 recogen las propiedades del aglutinante¹¹⁹⁷ y pigmentos:

Tabla. 115. Propiedades aglutinante empleado en las probetas.

Producto	Látex vinílico Conrayt®
Composición	Emulsión de acetato de polivinilo modificado (DBP: plastificante)
Aspecto	Líquido viscoso de color blanco
Olor	Característico
Viscosidad Brookfield AA	10000-18400 mPa.s Sp6/20rpm/25°C
Densidad (25°C)	Aprox. 1,06 g/ml
pH	4,2-5,2
Solubilidad	Miscible en agua
Aspecto tras secado	Brillante
Aplicaciones	Sellado de paredes, reforzado de pastas o pinturas al temple
Fabricante	Laboratorios Rayt, S.A.

Tabla. 116. Propiedades pigmentos (Montagna, Gardner, Sward, CTS y Nat. Pigments).

Características	Blanco de Titanio 0241 CTS	Azul Ultramar Artificial 0561 CTS
Fórmula	TiO ₂ (95%) e hidróxido de aluminio	(Na, Ca) ₄ (Al ₂ SiO ₄) ₃ (S ₀₄ , S, Cl)
Naturaleza	Mineral sintético inorgánico	Mineral sintético inorgánico mezcla
Origen	1916	1827
Índice color	PW6-77891	PW29-77007
Coordenadas cromáticas CIE L*a*b*	L (80,32), a (-0,17), b (0,67)	L (35,52), a (18,91), b (-53,84)
Micro características	Pequeños cristales redondos	Pequeños cristales redondos homogéneos
Refrangencia	Birrefringente	Monorrefringente
Peso específico	3,80	2,34
Índice refracción	2,55	1,54
%absorción aceite linaza gr/100 gr pigmento	17 (©Natural Pigments) 18,5 (Gardner y Sward)	38-42 (©Natural Pigments) 35 (Campins)
Poder cubriente	Elevado	Bueno
Solubilidad	Soluble en agua	Insoluble en agua, alcohol, éteres, aceites grasos y volátiles
Estabilidad (1-5)	Luz (5), temperatura (5), humedad (5), cal (5), química (5) Media a la temperatura y humedad, elevada a la luz (CTS)	Luz (4), temperatura (4), humedad (4), cal (3), química (3) Buena a la temperatura y humedad, elevada a la luz (CTS)
Alteraciones	Endurece rápidamente	Se altera con plomo

¹¹⁹⁷ LABORATORIOS RAYT. *Ficha técnica Látex Extra Brillante Conrayt*. Badalona: Laboratorios Rayt, S.A., 2005. LABORATORIOS RAYT. *Ficha datos de seguridad Látex Extra Brillante Conrayt*. Badalona: Laboratorios Rayt, S.A., 2008, pp. 1-3. Cfr. DOMÉNECH-CARBÓ, SILVA, FUSTER-LÓPEZ, MECKLENBURG, DOMÉNECH, YUSÁ-MARCO. "An Approach to the Physico-Mechanical Changes Induced by UV Artificial Aging of Selected Vynil Adhesives Used in Conservation". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

Todas las muestras se dejaron secar al aire durante 4 semanas en unas condiciones de $50 \pm 5\%$ de HR y $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ¹¹⁹⁸ (Fig. 413). Posteriormente, se almacenaron en ausencia de luz durante 11 meses en estas condiciones.

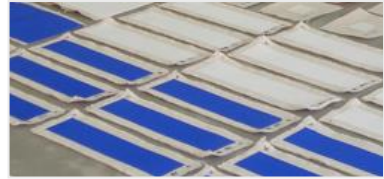


Fig. 413. Muestras consolidación.

Tras la realización de las probetas, se realizó el estudio de sus propiedades ópticas (color y brillo), físicas (peso, espesor de la pintura), químicas (pH y solubilidad: ver Fig. 379), y mecánicas (curva de carga-deformación), como paso previo a la selección de los adhesivos, siguiendo la metodología descrita en los puntos 8.1.2.2 al 8.1.2.6.

Así se pudo determinar que presentaban una superficie mate, ligeramente pulverulenta y sensible al roce debido a su elevado PVC.

Tabla. 117. Características de las muestras a consolidar.

Muestra (PVAc + pigmento)	Brillo 85°	pH superficie	Grosor medio (μm)
Blanco	6,37 GU	6,27	224, 32
Azul	1,079 GU	7,53	226, 15

Se obtuvo el pH tal y como recoge la Tabla 117 o el grosor medio (225,24 μm). El peso de las muestras puede consultarse en la Tabla 121-122).

Tabla. 118. Aglutinante Conrayt® adquirido en 2003 y 2011. Grosor *film*, valores promedio y desviación típica (σ) curvas carga-deformación.

Tipo Conrayt®	Módulo E (MPa)	σ	Esfuerzo rotura (MPa)	σ	Deformación rotura (mm/mm)	σ	Grosor medio film (μm)
2003	18,3	3,2	3,43	1,01	11,4	5,1	440
2011	22,88	1,07	64,3	9,7	4,2	0,3	900

La Tabla 118 corresponde a los valores obtenidos a partir de las curvas de carga-deformación en la rotura del aglutinante vinílico empleado en la elaboración de las muestras. Concretamente el látex vinílico Conrayt® adquirido en 2003. No obstante, este fue comparado con otro de 2011. El Conrayt® 2003 posee una gran capacidad de deformación al aplicarle un bajo nivel de carga. Al envejecer pierde estas propiedades, aumentando la

¹¹⁹⁸ AENOR. UNE-EN ISO 1513. *Op. cit.*, pp. 1-10. AENOR. UNE-EN ISO 1514. *Op. cit.*, pp. 1-16.

resistencia y disminuyendo la deformación (Tabla 118 y 120). De ahí que puedan establecerse similitudes con el adhesivo Mowilith® SDM5 (12,45 mm/mm) y el reagregante Fluoline® HY (10,37 mm/mm).

Al compararlo con el Conrayt® 2011, observamos que este tiene un módulo E más alto, presentando una mayor resistencia y menor capacidad de deformación, posiblemente por un cambio de composición (ej. adición de cargas: ver Fig. 414). Muestras obtenidas



Fig. 414. Conrayt® 2003 y 2011.

con la misma cantidad tenían un aspecto distinto, siendo mayor el grosor del *film* del segundo.

9.2.2.1.2. Selección de los consolidantes:

Basándonos en las características del aglutinante vinílico y de las muestras a consolidar (grosor, solubilidad, acabado mate), señaladas en el punto anterior, junto a las alteraciones presentadas (falta de cohesión simulada), se realizó una primera criba en la preselección de los tres polímeros consolidantes a ensayar, estableciendo como objetivo principal la evaluación de la consolidación resultante (Tabla 119).

Esta criba se realizó en base a la función y comportamiento del polímero, según la respuesta al envejecimiento de los materiales testados (8.1 y Tabla 120), y las condiciones de aplicabilidad (nebulización). Además, partimos del supuesto de que las muestras iban a regresar a condiciones ambientales no controladas. A diferencia del caso anterior, los cambios de tipo óptico tuvieron una especial repercusión en su selección.

Respecto a la solubilidad¹¹⁹⁹, se escogieron los polímeros disueltos en agua y White Spirit, evitando así el etanol y la acetona (Fig. 379). Según lo expuesto, en la búsqueda de tres productos compatibles, con buen poder consolidante, penetración y capaces además de proporcionar películas con acabado mate, se desestimó en primer lugar el Paraloid® B72 por la solubilidad del PVAc en acetona, aparte del documentado amarilleo en contacto con pigmentos blanco titanio (ver Tabla 119).

¹¹⁹⁹ PVAc: insoluble en hidrocarburos, White Spirit®, agua (solubilidad del plastificante) y soluble en acetona, benceno, amilacetato y butilacetato, etc. Cfr. ISCR. *TriSolv. Op. cit.*

9. Adhesión y consolidación de pintura vinílica

Tabla. 119. Principales ventajas e inconvenientes consolidantes seleccionados (1ª criba).

Polimero	Ventajas	Inconvenientes
Gelatina tipo B (GE)	Buena penetración. Buen poder consolidante con bajo %. YI y ΔE apto envejecimiento tipo B. Apto cambios brillo envejecimiento.	Acabado brillante. Amarilleo y rigidez > CE. Amarillea envejecimiento tipo A. pH ácido. Encoge envejecimiento tipo A. Tras envejecimiento aumenta la carga, tenacidad y el módulo E (tipo B).
Cola de esturión (CE)	Buena penetración. Buen poder consolidante con bajo %. YI y ΔE apto envejecimiento tipo A. Amarilleo y rigidez > GE. pH rango y variación apta.	Acabado brillante (el + bajo). Amarillea envejecimiento tipo A y decolora tras el B. Variaciones de brillo no aceptables. El módulo E y la carga parecen aumentar tras el envejecimiento tipo B. Contracción en % altos.
Tylose® MH 300P (MHEC)	Acabado satinado medio. YI y ΔE aceptables envejecimiento tipo A. Apto cambios brillo envejecimiento tipo A. Mayor capacidad de deformación que GE y CE. Aumenta zona elástica tras envejecimiento. Mayor tenacidad que CE y GE.	Elevada viscosidad. Formación cercos blanquecinos alta %. Encoge envejecimiento tipo A. Elevada rigidez comparable a la de las proteínas. No apto cambios brillo envejecimiento tipo B. pH ácido, no apto envejecimiento B. Pérdida valores carga deformación envejecimiento tipo A y B (solo carga). Disminución módulo E.
JunFunori® (JU)	Acabado satinado medio. Consolidante y adhesivo suave. Apto brillo tras envejecimiento. Apto rango pH. Cambios < FU.	No apto YI y ΔE tras envejecimiento. Problemas producción polímero. Variación de pH > 15%. Aumenta el módulo E y la tensión de rotura tras el envejecimiento. Aumenta la tenacidad tras A y disminuye tras B. Pérdida reversibilidad deformación.
Funori (FU)	Acabado mate-satinado. Consolidante y adhesivo suave. Aumento zona deformación elástica. Estabilidad cambios color > JU	Amarilleo > CE, GE y JU. No apto YI y ΔE envejecimiento. No apto cambios brillo envejecimiento. Cambios > JU pH básico, no apto rango pH. Aumento tensión rotura y módulo E. Disminución tenacidad envejecimiento A y aumento B. Baja tenacidad, junto a Beva® 371 y JunFunori®.
Gelvatol® (PV)	YI y ΔE apto envejecimiento. Apto rango pH. Aumento zona deformación elástica. Mayor cohesión FU y PA. Deformación > Grupo 1.	Acabado brillante. Casi apto cambios brillo tras envejecimiento. Disminuye valores carga y deformación en la rotura, y módulo E. Disminuye tenacidad. El más tenaz de todos los ensayados. Higroscópico. Reticulación e interacción con compuestos metálicos.
Klucel G® (KL)	Tras A YI aceptable. Apto rango pH. Aumento zona deformación elástica envejecimiento tipo B.	Acabado brillante. Elevada viscosidad. Amarillea envejecimiento tipo A y decolora con B. No apto YI (tipo B) y ΔE envejecimiento. Reduce el módulo E y valores de carga deformación (excepto deformación tipo B). Disminuye la tenacidad. Despolimerización fotooxidación.
Aquazol® 200 (AZ)	YI y ΔE apto envejecimiento. Apto rango pH. Aumento zona deformación elástica envejecimiento tipo B.	Acabado brillante. Se plastifica con la HR. No apta variación brillo envejecimiento tipo A. Disminuye el módulo E. Aumenta carga en la rotura tipo A y la deformación en general.

Se descartaron también algunos productos como el Plextol® B500, Acril® 33, Plexisol® P550, Beva® 371, Mowilith® SDM5 y Aquazol® 200. Aunque algunos de ellos se han empleado indistintamente como consolidantes, quedaron sin seleccionar debido a su principal función adhesiva, limitada capacidad de penetración y riesgo de formación de *films* superficiales. Concretamente, el Fluoline® HY (reagregante utilizado con éxito en la consolidación de temple), fue descartado debido a la sensibilidad del PVAc por el disolvente empleado en la disolución de este elastómero fluorado (n-butilacetato y acetona).

De esta forma, seleccionamos: la gelatina, la cola de esturión, Tylose® MH 300P, el funori, JunFunori®, Gelvatol®, Klucel® G y Aquazol® 200. La tabla siguiente (Tabla 119) recoge las principales ventajas e inconvenientes de los anteriores, en función de su respuesta al envejecimiento.

Así mismo, se tuvieron en cuenta los valores de carga y deformación en la rotura del Conrayt® 2003, junto al de los polímeros ensayados, a fin de garantizar el mayor nivel de compatibilidad mecánica (ver punto anterior y Tabla 120). Aparte, se tomaron como referencia las investigaciones de Mecklenburg y Fuster, *et Al*¹²⁰⁰.

¹²⁰⁰ Conrayt® basado en resina PVAc y DBP (plastificante). Parece perder resistencia al envejecer (más quebradizo a causa de la rotura de cadenas). Las muestras (20 mm x 5 mm x 0,12 mm) dieron unos valores aproximados en la rotura de 1,08 Mpa y 3,8 mm/mm (envejecimiento termal), 0,85 Mpa y 4,2 mm/mm (patrón), 0,7 Mpa y 4,1 mm/mm (400h envejecimiento) y 0,42 MPa y 4,1 mm/mm (1200h). Películas de pigmento y PVAc con alto PVC (23°C y 50% HR) dieron valores aproximados en la rotura de 1,8 MPa y 0,02 mm/mm (blanco de titanio) y 1,2 MPa y 0,045 mm/mm (titanio y azul ftalocianina). Los valores citados han sido extraídos a partir de los gráficos publicados y son aproximados. Estas presentaron un comportamiento mecánico similar al de los óleos recientes (pequeña resistencia y alta capacidad de deformación). Ver: Cfr. DOMÉNECH-CARBÓ, SILVA, FUSTER-LÓPEZ, MECKLENBURG, DOMÉNECH, YUSÁ-MARCO. *Op. cit.* SOUSA-SILVA, M., DOMÉNECH CARBÓ, M^ªT., MARTÍN REY, S., FUSTER LÓPEZ, L., MARTÍNEZ BAZÁN, M^ªL. "Evaluation of Mechanical and Optical Properties of Consolidants Used in the Treatment of a PVAc Contemporary Painting". *Preprints 16th International Meeting on Heritage Conservation*. Valencia: UPV, 2006, pp. 423-435. GLASSON, M., SLOGGETT, R., SCHIESSER, C. "Pulling Adhesives Apart Using Cutting-edge Computational Chemistry". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12]. Pintura acrílica: respuesta dimensional relativamente reducida, con niveles bajo-medio de HR, en comparación con la madera y las colas animales. MECKLENBURG, M.F., LÓPEZ FUSTER, L. *Estudio de las propiedades mecánicas y dimensionales de los materiales pictóricos*. Diapositivas. Valencia: Ed. UPV, 2009.

Centrándonos en los tres grupos diferenciados a en el capítulo anterior a nivel de comportamiento mecánico, señalar que del Grupo 1 (Fig. 331), se dejaron de considerar aquellos materiales con mayores valores de rigidez, carga y menor capacidad de deformación que el aglutinante Conrayt® 2003: gelatina tipo B, cola de esturión, Tylose® MH 300P y JunFunori®. Del Grupo 2 (Fig. 331), descartamos el Klucel® G por su viscosidad, limitada penetración y valores en la rotura inferiores al anterior. Del Grupo 3 se descartaron todos exceptuando el Aquazol® 200 por los motivos anteriormente mencionados.

Así pues, el número de polímeros aplicables como consolidantes quedaría bastante reducido y por debajo de los valores de carga-deformación de este producto. Además, el acabado de la mayoría es brillante, exceptuando el funori (mate a satinado) o el JunFunori® y Tylose® MH 300P (satinado-medio). Aun lejos de ser perfectos y completamente estables, tras sopesar las ventajas e inconvenientes, nos decidimos a testar 3 polímeros de tres grupos distintos (Fig. 331): Aquazol® 200 (Grupo 3), Gelvatol® (Grupo 2) y funori (Grupo 1). En cuanto a los dos primeros, destaca su estabilidad frente al amarilleo y cambios de color en general, rango de pH óptimo y aumento de la zona de deformación elástica tras el envejecimiento. Respecto al polisacárido, su elección se realizó *ex profeso* debido a su extendido uso.

Tabla. 120. Valores promedio y desviación típica (σ) curvas carga-deformación Conrayt® 2003 y consolidantes seleccionados.

Producto	Envej.	Módulo E (MPa)	σ	Esfuerzo rotura (MPa)	σ	Deform. rotura (mm/mm)	σ	% alargam. rotura
Conrayt® 2003	O	18,3	3,2	3,43	1,01	11,4	5,1	1143
	A	94,6	10,2	9,7	5,6	4,60	1,01	457
	B	369,4	58,4	16,7	8,4	3,2	0,4	324
Funori	O	401,8	127,1	4,5	2,1	0,08	0,04	7,8
	A	452,6	40,9	9,8	2,5	0,070	0,009	6,8
	B	470,3	236,5	13,3	4,4	0,09	0,05	9,3
Gelvatol®	O	400,3	94,4	22,9	2,5	1,35	0,14	135,1
	A	302,9	59,8	17,1	2,6	1,0	0,3	98,7
	B	353,1	116,9	20,9	2,8	1,10	0,24	110,5
Aquazol® 200	O	104,2	56,9	0,91	0,17	3,1	0,9	308,8
	A	40,7	40,6	1,01	0,19	3,2	0,8	324
	B	60,4	6,6	0,8	0,5	5,4	2,9	542

En cuanto a la compatibilidad mecánica (Tabla 120 y Fig. 415), hay que decir que los valores de deformación en la rotura de estos polímeros antes del envejecimiento son menores que los del aglutinante Conrayt® 03, aunque

superan el 4% de deformación, llegando el Gelvatol® al 135,1% y el Aquazol® 200 al 308,8 %¹²⁰¹. Con el envejecimiento el Conrayt® 03, tal y como apreciamos en la Tabla 120 y Fig. 415, incrementa la rigidez y su resistencia, disminuyendo la capacidad de deformación.

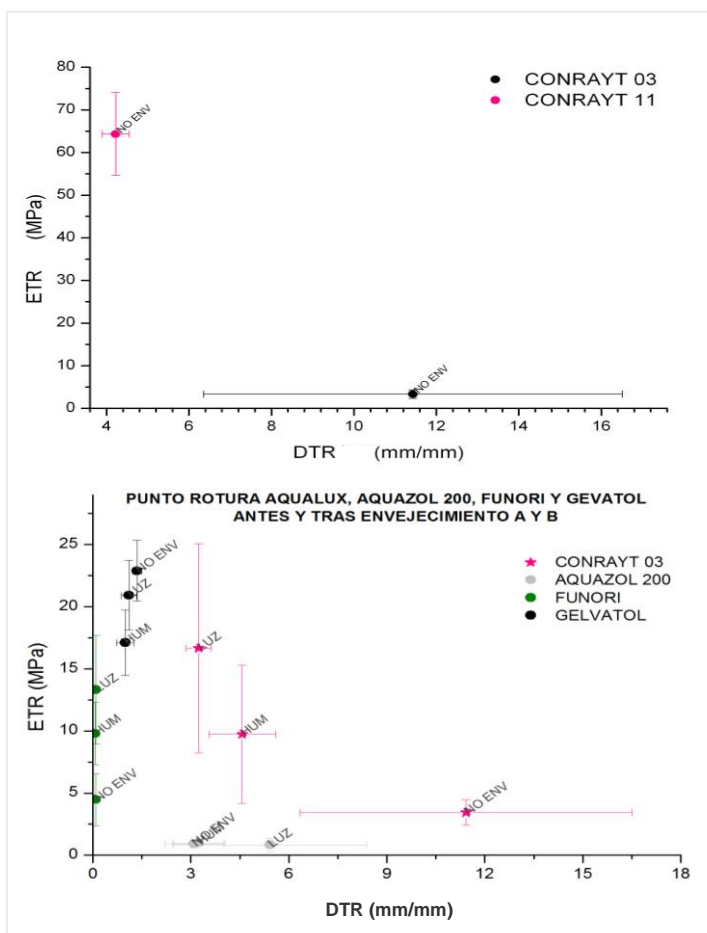


Fig. 415. Punto de rotura Conrayt 03 y 11, Aquazol® 200 (A2), Gelvatol® (PV), Funori® (FU).

¹²⁰¹ Valor difícil de superar por una pintura en tracción. COLOMBO, A., MINOTTI, D., MECKLENBURG, M., CREMONESI, P., ROSSI DORIA, M., *Op. cit.*, p. 40.

La rigidez de los consolidantes es mayor que la de dicho aglutinante antes de envejecer, y menor después, con excepción del Aquazol® 200 (tipo A) y funori (tipo B). Además, muestran niveles de resistencia superiores, exceptuando el valor de carga del Aquazol® 200. Veámoslo con detalle:

El Aquazol® 200 (Tabla 120 y Fig. 415), presenta un rango de valores de carga deformación en la rotura antes y después del envejecimiento (de 0,83 MPa a 1,01 y de 3,09 a 5,42 mm/mm), próximos a los obtenidos para el Conrayt® (1,08 MPa y 4,1 mm/mm) por Mecklenburg, Fuster, *et Al.*¹²⁰², pero menores que los del Conrayt® 2003 (ver Tabla 120 y Fig. 415), siendo uno de los polímeros más estables en esfuerzo tras el envejecimiento.

A diferencia de este, el Gelvatol® soporta una mayor carga con menor deformación (de 17,10 a 22,88 MPa y de 0,99 a 1,35 mm/mm), sin llegar a los valores del aglutinante vinílico pero superando los obtenidos para un *film* con alto PVC (1,8 MPa y 0,045 mm/mm), como vemos en la Tabla 98 y gráfico 420¹²⁰³. Ambos tienen un poder consolidante óptimo comparable al de la cola de pieles y de esturión¹²⁰⁴. Como inconvenientes muestran una notable respuesta dimensional ante una elevada HR (desmentida por Arsnaloglu, al formar enlaces con los materiales constitutivos de las obras), mayor rigidez y alto brillo.

Como señalamos, la selección del funori se realizó expresamente por su uso extendido en el tratamiento de superficies mates, aún a sabiendas de no estar entre los materiales más estables según los resultados obtenidos (no apto YI, ΔE, variación de brillo, pH, incremento rigidez y tensión de rotura) y tener una baja capacidad de deformación con mayores valores de esfuerzo (ver Tabla 120 y Fig. 415).

9.2.2.1.3. Aplicación de los consolidantes:

Debido al acabado brillante del Gelvatol® y Aquazol® 200, la aplicación se realizó mediante nebulización por ultrasonidos (nebulizador modelo ZFB®).

¹²⁰² Muestras: 20 mm x 5 mm x 0,12 mm. Ver: Cfr. DOMÉNECH-CARBÓ, SILVA, FUSTER-LÓPEZ, MECKLENBURG, DOMÉNECH, YUSÁ-MARCO. *Op. cit.*

¹²⁰³ *Films* pigmento (titanio y azul ftalocianina) y PVAc con alto PVC (23°C y 50% HR). DOMÉNECH-CARBÓ, SILVA, FUSTER-LÓPEZ, MECKLENBURG, DOMÉNECH, YUSÁ-MARCO. *Op. cit.* SOUSA-SILVA, M., DOMÉNECH CARBÓ, M^a T., MARTÍN REY, S., FUSTER LÓPEZ, L., MARTÍNEZ BAZÁN, M^a L. *Op. cit.*, pp. 423-435.

¹²⁰⁴ ROCHE, A., OTTOLINI, S., RIGGIARDI, D. *Op. cit.*, p. 149.

Siguiendo la metodología referenciada en los puntos anteriores se dejaron patrones sin consolidar¹²⁰⁵. Los adhesivos finalmente seleccionados y aplicados corresponden a la Fig. 416.



Fig. 416. Adhesivos aplicados: Aquazol® 200, Gelvatol® y Funori.

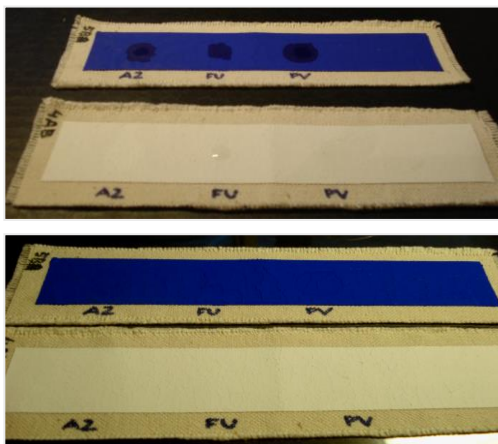


Fig. 417. Aplicación de los consolidantes con nebulizador por ultrasonidos ZFB®. Fig. 418. Muestras de prueba: aplicación gota de consolidante y secado.

Así, frente a dicho acabado y al riesgo de formación de cercos sobre las muestras azules, la nebulización permitía minimizar los cambios ópticos sobre la superficie de estas (Fig. 417-418)¹²⁰⁶. Finalmente se dieron 6 pasadas previa humectación por nebulización con agua desionizada.

¹²⁰⁵ Muestras pintura: secado 4 semanas a 23 \pm 2 °C y 50 \pm 5 % HR y envejecimiento natural en la oscuridad (11 meses, mismas condiciones). ASTM. ASTM D1183-03. *Op. cit.*, pp. 1-3. Aplicación consolidantes: 18 y 19/05/12.

¹²⁰⁶ Se depositó una gota (15 ml) de cada consolidante sobre ambos tipos de muestra. Pudo comprobarse cómo estos eran absorbidos con mayor rapidez en las azul ultramar, si bien, el secado era más lento. El Gelvatol® (PV) presentaba una mayor difusión horizontal, seguido del Aquazol® 200 y funori. Este quedaba en superficie formando una gota al enfriar. Tal y como se aprecia en las imágenes, tras el secado todos los consolidantes dejaron un cerco en la muestra azul, siendo menor el del funori, más mate. Las muestras blancas secaron sin dejar ninguna huella de la aplicación de estos. La difusión se producía verticalmente no horizontalmente.

A causa de su relativa viscosidad, la concentración del funori tuvo que bajarse al 0,25% a fin de garantizar un flujo de aerosol similar al del Aquazol® 200 y Gelvatol® (ambos al 1%). La cantidad de producto se controló por pesado antes y después de su aplicación con una báscula de precisión (Tabla 121-122), pues los valores de rotura están relacionados. Si lo comparamos con los valores de la Tabla 113, observamos que la cantidad de producto es más parecida que la del adhesivo aplicado a pincel en la tanda de muestras de adhesión. Esto se debe a la mínima cantidad de polímero distribuida y al mayor control proporcionado por este sistema. Posteriormente, las muestras se dejaron secar durante dos semanas en condiciones controladas de: 23 ± 2 °C y 50 ± 5 %.

Tabla. 121. Azul. Consolidante aplicado , promedio y desviación estándar (σ).

Muestra	Prod.	Peso inicial (g)	Peso tras consolidar (g)	Peso Prod. (g)
1% Aquazol® 200 (A2) H ₂ O desionizada				
1BA 0	A2	5,1541	5,164	0,0099
2AA A	A2	5,1440	5,1563	0,0123
3AA B	A2	4,9419	4,9549	0,0130
0,25% Funori (FU) H ₂ O desionizada				
4AA 0	FU	4,8774	4,8905	0,0131
2BA A	FU	5,0120	5,023	0,0110
5AA B	FU	5,2476	5,26	0,0124
1% Gelvatol® (PV) H ₂ O desionizada				
6AA 0	PV	4,6208	4,6338	0,0130
6BA A	PV	4,5113	4,5226	0,0113
7BA B	PV	4,6972	4,7066	0,0094

Tabla. 122. Blanco. Consolidante aplicado , promedio y desviación estándar (σ).

Muestra	Prod.	Peso inicial (g)	Peso tras consolidar (g)	Peso Prod. (g)
1% Aquazol® 200 (A2) H ₂ O desionizada				
2BB	A2	4,6491	4,656	0,0069
3BB	A2	4,6210	4,6309	0,0099
4BB	A2	4,5360	4,5441	0,0081
0,25% Funori (FU) H ₂ O desionizada				
1BB	FU	4,7884	4,7969	0,0085
8BB	FU	4,8179	4,826	0,0081
7AB	FU	4,3685	4,3753	0,0068
1% Gelvatol® (PV) H ₂ O desionizada				
2AB	PV	5,0132	5,0211	0,0079
5AB	PV	4,5358	4,546	0,0102
6AB	PV	4,5954	4,604	0,0086

9.2.2.2. Envejecimiento acelerado por exposición a Humedad Relativa, Temperatura e irradiación UV-A:

Tras el secado, los grupos A y B intervenidos se envejecieron en una cámara Weiss 180/40 WK3 (tipo A) y en una *Climacell* (tipo B). Consultar condiciones en la Tabla 51 y puntos 8.1.2.2 y 9.1.2.2.

9.2.2.3. Colorimetría:

Se realizó la evaluación de los cambios de color realizando mediciones con un espectrofotómetro, antes y después de la aplicación de los consolidantes y de forma posterior a su envejecimiento, tal y como se indica en el punto 9.1.2.3. A fin de comprobar la homogeneidad de los cambios de color se tomaron cuatro medidas por muestra obteniendo el promedio.

9.2.2.4. Medida del brillo:

Las medidas de brillo a 85° de las muestras de los Grupos 0, A y B, se realizaron antes, después de la aplicación de los productos seleccionados y tras el envejecimiento acelerado según se indica en el punto 9.1.2.4. Las muestras sin intervenir fueron analizadas morfológicamente con SEM.

9.2.2.5. Ensayos de esfuerzo-deformación:

Los resultados se hallan incluidos en el punto 9.2.2.1.2.

9.2.2.6. Evaluación del nivel cohesivo: test pelado a 90°:

Tal y como vemos en la Fig. 419-422, a fin de realizar el test de pelado se empleó un montaje para cada ensayo (4 muestras para cada consolidante): sin intervenir (patrón), muestras tratadas sin envejecer (Grupo 0) y envejecidas (Grupo A: envejecimiento A y Grupo B: envejecimiento B)¹²⁰⁷. Con esta tanda de muestras se pretendía evaluar los cambios sufridos tras el envejecimiento del sistema soporte-consolidante-recubrimiento pictórico.

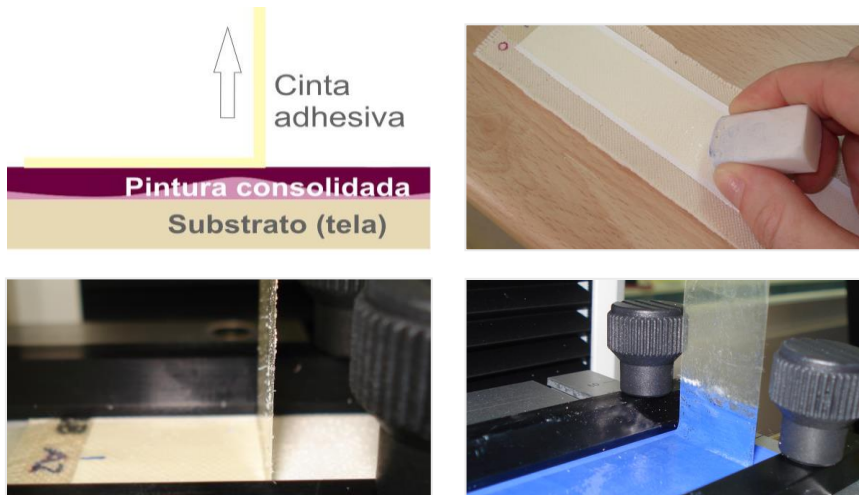


Fig. 419, 420, 421 y 422. Esquema pelado 90°. General y detalle sentido cinta con goma de borrar.

¹²⁰⁷ ASTM. ASTM D1183-03. *Op. cit.*, pp. 1-3.

Las muestras se inmovilizaron con una cinta de doble cara pegada a la base fija de la Rampa de pelado a 90° INSTRON 2820 035, junto con las barras de sujeción de la misma, evitando su deformación al despegar la cinta (Fig. 419, 421, 422)¹²⁰⁸. Tal y como puede verse en las imágenes Fig. 420, esta se adhirió sobre la superficie de la muestra frotando con los dedos y con ayuda de una goma de borrar hasta asentarla completamente. La parte libre de la cinta se sujetó firmemente con las mordazas de la torre de comportamiento mecánico INSTRON 3345 interponiendo un fragmento de cartulina, alineando el final de la muestra (Fig. 423).



Fig. 423. Muestras y montaje en Rampa de pelado 90°.

Finalmente, no se practicaron cortes en forma de damero sobre el estrato pictórico, con motivo de forzar la medida de la cohesión del estrato y no su adhesión en bloque respecto al soporte textil. Este ensayo se realizó en condiciones normalizadas (23 ± 2 °C y 50 ± 5 % HR), procediendo al pelado con velocidad constante de 50 mm/min, célula de carga de 500 N y ángulo de pelado a 90° ¹²⁰⁹.

El registro de los valores se realizó dividiendo cada probeta en 5 tramos de 25 mm (10-35, 35-60, 60-85, 85-100 y 100-135 mm) como indica el gráfico

¹²⁰⁸ La cinta de doble cara Duplocoll® (5 cm x 25 cm) se cambiaba cada vez, previo desengrasado de la base de acero con acetona, para evitar la deformación plástica y/o elástica de la muestra (substrato flexible).

¹²⁰⁹ Cinta autoadhesiva (ISO Tape T9999 358-Scapa®): transparente y sensible a la presión. Ancho: 25 mm. Poder adhesivo: 10 ± 1 N/25 mm, norma CEI 454-2. AENOR. *Pinturas y barnices. Ensayo de corte por enrejado. Norma UNE-EN ISO 2409*. Madrid: AENOR, 1992, pp. 6-8. AENOR. *Adhesivos. Ensayo de pelado para una unión encolada de adherente flexible sobre rígido*. Parte: 1. Pelado a 90°. UNE-EN 28510-1. Madrid: AENOR, marzo 1993, p. 5. AENOR. *Adhesivos. Ensayo de pelado para una unión encolada de adherente flexible sobre rígido*, p. 7. UNE-EN 28510-2. Madrid: AENOR, febrero 1995.

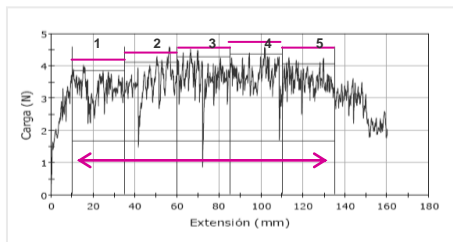


Fig. 424. Gráfico de pelado y esquema subdivisión tramos de la muestra.

anexo (Fig. 424), a fin de detectar problemas de uniformidad en la cohesión tras la consolidación de las muestras. Además, se descartaron los primeros 10 mm para evitar errores en la medida debido a la manipulación de la muestra.

Los picos representan el máximo de resistencia opuesta por la pintura a la separación y los valles, el tramo de caída de la resistencia tras el despegado de la cinta. De este modo, se determinó la fuerza media de pelado en cada tramo y la media general.

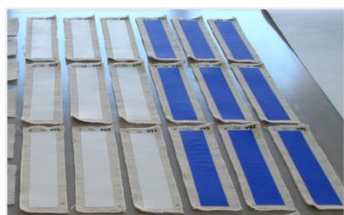


Fig. 425. Muestras consolidación.

Finalmente, se anotó el tipo de fallo (rotura adhesiva, cohesiva o del adherente), guardando la cinta y la muestra como referencias (ver Fig. 434-435, 441-442).

Además se realizó el análisis informático de las imágenes en alta resolución tal y como especificamos en las muestras del Grupo Adhesión (consultar metodología en punto 9.1.2.6), mediante el uso de máscaras, y cálculo de píxeles y porcentajes (Fig. 426).



Fig. 426. Medición de píxeles en muestras del Grupo Consolidación para la evaluación del porcentaje del tipo de rotura.

9.2.3. Resultados y discusión:

9.2.3.1. Colorimetría:

A fin de realizar una exposición más clara, dividiremos los resultados y su discusión en dos partes dependiendo del tipo de muestras. Así, la Tabla 123 incluye las coordenadas cromáticas L^* , a^* , b^* (CIE 1976) y las diferencias ΔE^* , ΔL^* , ΔH^* y ΔC^* , procedentes de diferentes muestras azules envejecidas

sin consolidar, de muestras consolidadas sin envejecer y finalmente, de muestras consolidadas y envejecidas¹²¹⁰. Cabrá tener en cuenta los altos niveles de error obtenidos en estos valores en las muestras envejecidas a causa de la formación de defectos (microgrietas), los cuales dificultarán la interpretación de los resultados.

Según lo expuesto, los datos de las primeras muestras nos serán útiles para determinar si las variaciones de color proceden del propio envejecimiento del pigmento o de su combinación con el consolidante.

Tal y como vemos en la Tabla 123 y 124, los cambios tras la consolidación de las muestras azul ultramar serían óptimos para los tres polímeros antes del envejecimiento al obtener un $\Delta E^* < 1$.

Tabla. 123. Muestras azules. Promedio y desviación estándar (σ) coordenadas cromáticas L^* , a^* , b^* y diferencias ΔE^* , ΔL^* , ΔH^* , ΔC^* , antes y tras la consolidación y el envejecimiento A y B.

E.	Muestra	L^*		a^*		b^*		ΔE^*		ΔL^*		ΔH^*		ΔC^*	
Muestras sin consolidar tras envejecimiento A y B															
	Muestra y producto	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ
A	4BA	38,44	0,16	20,5	0,1	-60,9	0,3	2,7	0,04	-1,2	0,04	0,91	0,08	2,1	0,6
B		39,88	0,08	17,57	0,03	-59,52	0,16	1,51	0,07	0,2	0,03	-1,45	0,06	-0,1	0,3
Muestras consolidadas sin envejecer (Grupo 0)															
	A2 1BA	39,5	0,7	19,6	0,5	-59,7	0,5	0,97	0,05	0,16	0,07	0,33	0,03	0,64	0,05
	FU 4AA	39,8	0,3	19,4	0,3	-59,4	0,9	0,81	0,06	0,17	0,03	0,23	0,09	0,74	0,03
	PV 6AA	39,8	0,3	19,2	0,2	-59,4	0,3	0,65	0,09	-0,14	0,06	0,20	0,01	0,19	0,07
Muestras consolidadas tras envejecimiento A (Grupo A)															
	A2 2AA	39,81	0,19	19,50	0,23	-59,5	0,3	0,6	0,16	-0,2	0,3	0,36	0,03	0,3	0,3
	FU 2BA	39,4	0,3	19,5	0,5	-59,42	0,9	0,8	0,6	-0,2	0,4	0,4	0,3	0,4	0,6
	PV 6BA	39,6	0,3	19,5	0,3	-59,5	0,6	0,7	0,09	0,02	0,18	0,32	0,02	0,3	0,6
Muestras consolidadas tras envejecimiento B (Grupo B)															
	A2 3AA	40,7	0,5	16,6	0,3	-57,5	0,3	3,1	0,7	1,0	0,6	-1,8	0,2	-2,3	0,7
	FU 5AA	40,1	0,6	16,9	0,3	-57,8	0,6	2,9	0,7	-0,1	0,6	-1,68	0,06	-2,3	0,8
	PV 7BAA	40,5	0,4	16,84	0,24	-57,6	0,6	2,6	0,4	0,8	0,5	-1,75	0,12	-1,7	0,5

¹²¹⁰ AENOR. UNE 48-073-94/3. *Op. cit.*, p. 3.

Así como unas variaciones de luminosidad (ΔL^*), tono (ΔH^*) y saturación (ΔC^*) bajas. No obstante, estos cambios son inferiores en el Gelvatol®.

Tabla. 124. Muestras azules. Agrupación valores Tabla 123 por consolidante.

E.	Muestra	Prod.	ΔE^*		ΔL^*		ΔH^*		ΔC^*	
			Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ
O	1BA	A2	0,97	0,05	0,16	0,07	0,33	0,03	0,64	0,05
A	2AA		0,61	0,16	-0,2	0,3	0,36	0,03	0,3	0,2
B	3AA		3,1	0,7	1,0	0,6	-1,83	0,23	-2,3	0,7
O	4AA	FU	0,81	0,06	0,17	0,03	0,23	0,09	0,74	0,03
A	2BA		0,8	0,6	-0,2	0,4	0,4	0,3	0,4	0,6
B	5AA		2,9	0,7	-0,1	0,6	-1,68	0,06	-2,3	0,8
O	6AA	PV	0,65	0,09	-0,14	0,06	0,20	0,01	0,19	0,07
A	6BA		0,70	0,09	0,02	0,18	0,32	0,02	0,3	0,6
B	7BAA		2,6	0,4	0,8	0,5	-1,75	0,12	-1,7	0,5

Tras el envejecimiento tipo A y teniendo en cuenta los márgenes de error, el Aquazol® 200 y Gelvatol® proporcionan unos valores de

$\Delta E^* < 1$ y de $\Delta E^* < 1,34$ en el caso del funori. Los tres darían también unos $\Delta L^* < 1$, $\Delta H^* < 0,1$ y $\Delta C^* < 1$. Sin embargo, tras el envejecimiento tipo B los cambios dejan de ser aceptables al alcanzar un ΔE^* de 3,8 a 3 teniendo en cuenta los errores, siendo el más bajo el del Gelvatol y el más elevado el del Aquazol® 200.

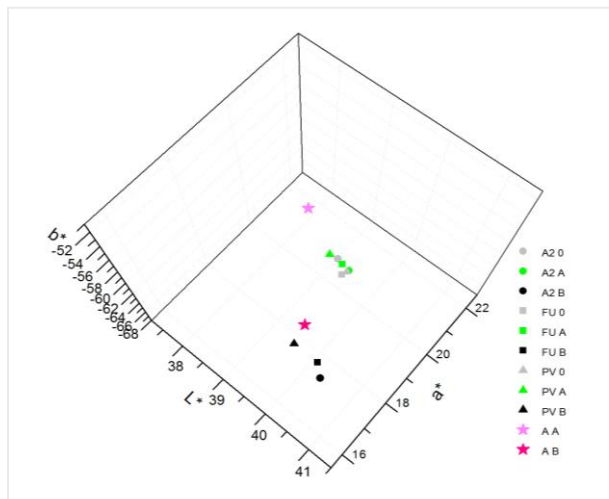


Fig. 427. Muestras azules. Representación 3D media coordenadas L^* , a^* , b^* muestras no consolidadas envejecidas (AA y AB), y consolidadas antes (O) y envejecidas A y B.

Esto contrasta con los valores de las muestras envejecidas no consolidadas, pues al contrario que ocurre con las que sí lo están (Tabla 123 y 124. Fig. 427), se han obtenido unas variaciones medias mayores para el envejecimiento tipo A ($\Delta E^* : 2,68$), que para el B ($\Delta E^* : 1,51$).

Esto vendría indicar un incremento de la inestabilidad del pigmento azul ultramar en combinación con los consolidantes aplicados en el caso del envejecimiento tipo B, y una disminución en el caso del tipo A, tal y como se observa en la representación 3D de las coordenadas $L^*a^*b^*$ (Fig. 427).

Por lo que respecta a las muestras blancas, la Tabla 125 recoge las coordenadas cromáticas L^* , a^* , b^* (CIE 1976) y las diferencias ΔE^* , ΔL^* , Δa^* y Δb^* de las muestras envejecidas sin consolidar, consolidadas sin envejecer y finalmente, consolidadas y envejecidas. Al igual que en las muestras azules, se han tenido en cuenta los niveles de error obtenidos en estos valores en las muestras envejecidas debido de la formación de defectos (microgrietas).

Según los datos, tras la consolidación podemos observar que tanto las muestras no envejecidas como envejecidas en ambos programas son aceptables alcanzando variaciones muy pequeñas (ver Tabla 126 y Fig. 428). Tras consolidar y antes de envejecer, se obtuvo un $\Delta E^* < 1$ para todos los productos, con $\Delta L^* < 1$, $\Delta a^* < 1$ y $\Delta b^* < 1$.

Tabla. 125. Muestras blancas. Promedio y desviación estándar (σ) coordenadas cromáticas L^* , a^* , b^* y diferencias ΔE^* , ΔL^* , Δa^* , Δb^* , antes y tras la consolidación y el envejecimiento A y B.

E. Muestra	L		a		b		ΔE^*		ΔL^*		Δa^*		Δb^*		
Muestras sin consolidar tras envejecimiento A y B															
	Muestra y producto	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ
A	3AB	96,18	0,05	-0,39	0,01	2,22	0,10	0,3	0,02	0,1	0,04	-0,03	0,02	-0,15	0,04
B		96,25	0,14	-0,34	0,01	2,24	0,07	0,3	0,05	0,2	0,03	0,02	0,01	-0,13	0,03
Muestras consolidadas sin envejecer (Grupo 0)															
	A2 2BB	96,3	0,3	-0,33	0,01	2,17	0,07	0,26	0,07	-0,07	0,04	0,03	0,02	-0,13	0,07
	FU 1BB	96,47	0,21	-0,36	0,01	2,13	0,04	0,31	0,10	0,09	0,02	0,01	0,03	-0,19	0,09
	PV 2AB	95,9	0,	-0,31	0,02	2,26	0,05	0,36	0,09	-0,25	0,04	0,06	0,02	-0,06	0,07
Muestras consolidadas tras envejecimiento A (Grupo A)															
	A2 3BB	96,42	0,11	-0,35	0,01	2,23	0,01	0,16	0,06	-0,08	0,15	0,01	0,02	-0,06	0,05
	FU 8BB	96,23	0,12	-0,37	0,01	2,21	0,04	0,5	0,4	-0,12	0,66	-0,05	0,04	-0,15	0,18
	PV 5AB	96,15	0,14	-0,35	0,01	2,15	0,11	0,31	0,05	-0,21	0,17	-0,03	0,02	-0,12	0,13
Muestras consolidadas tras envejecimiento B (Grupo B)															
	A2 4BB	95,8	0,7	-0,32	0,04	2,22	0,16	0,8	0,6	-0,8	0,6	0,03	0,04	-0,14	0,14
	FU 7AB	96,0	0,3	-0,34	0,04	2,32	0,07	0,22	0,26	-0,3	0,3	0,01	0,04	-0,02	0,10
	PV 6AB	96,31	0,15	-0,33	0,01	2,19	0,02	0,24	0,08	0,03	0,16	0,01	0,01	-0,20	0,06

Según la Tabla 126 y Fig. 428, el resultado se mantiene aceptable tras envejecer con valores de $\Delta E^* < 1$, $\Delta L^* < 1$, $\Delta a^* < 1$ y $\Delta b^* < 1$, exceptuando el Aquazol® 200 tras el tipo B con un $\Delta E^* < 1,42$.

Tabla. 126. Blanco. Media aritmética ΔE^* , ΔL^* , Δa^* y Δb^* , muestras antes y tras envejecimiento A y B.

E.	Muestra	Prod.	ΔE^*		ΔL^*		Δa^*		Δb^*	
			Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ
O	2BB	A2	0,26	0,07	-0,07	0,04	0,03	0,02	-0,13	0,07
A	3BB		0,16	0,06	-0,08	0,15	0,01	0,02	-0,06	0,05
B	4BB		0,8	0,6	-0,8	0,6	0,03	0,04	-0,14	0,14
O	1BB	FU	0,31	0,10	0,09	0,02	0,01	0,03	-0,19	0,09
A	8BB		0,5	0,3	-0,1	0,7	-0,05	0,04	-0,15	0,18
B	7AB		0,22	0,26	-0,2	0,3	0,01	0,04	-0,02	0,10
O	2AB	PV	0,36	0,09	-0,25	0,04	0,06	0,02	-0,06	0,07
A	5AB		0,31	0,05	-0,21	0,17	-0,03	0,02	-0,12	0,13
B	6AB		0,24	0,08	0,03	0,16	0,01	0,01	-0,20	0,06

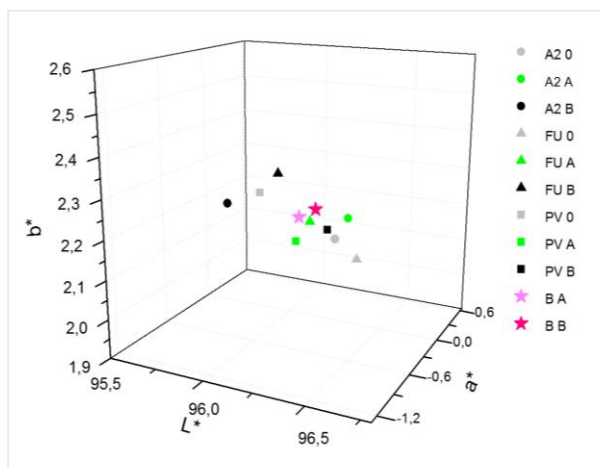


Fig. 428. Blanco. Representación 3D media aritmética L^* , a^* y b^* , muestras no consolidadas envejecidas (BB y BA), y consolidadas antes (O) y tras envejecimiento A y B.

Las muestras envejecidas no consolidadas denotan también la buena estabilidad del blanco titanio frente al azul ultramar artificial, con cambios muy pequeños tras ambos tipos de envejecimiento según los datos de la Tabla 126 y Fig. 428: $\Delta E^* < 0,4$, $\Delta L^* < 0,3$, $\Delta a^* < 0,3$ y $\Delta b^* < 0,2$.

9.2.3.2. Medición del brillo a 85°:

La Tabla 127 y Fig. 429 recogen los valores de las mediciones de brillo a 85° antes de la consolidación, tras esta y después de su envejecimiento. A fin de

estudiar las variaciones sufridas se calcularon las diferencias absolutas y relativas (ver Tabla 130).

Tabla. 127. Media aritmética brillo 85° (GU) y desviación estándar (σ) muestras azules antes, después de la consolidación y tras el envejecimiento tipo A y B.

Muestra	85° (GU)	85° (GU)	85° (GU)	Media	σ
Antes de la consolidación					
Sin consolidante				1,04	0,05
Tras la consolidación					
A2	1,4	1,4	1,4	1,4	0,00
FU	2	2	2	2	0,00
PV	2	2	2	2	0,00
Envejecimiento tipo A					
A2	1,4	1,4	1,3	1,37	0,06
FU	1,9	1,9	1,9	1,9	0,00
PV	1,1	1,1	1,2	1,13	0,06
Envejecimiento tipo B					
A2	1,4	1,5	1,4	1,43	0,06
FU	1,5	1,5	1,5	1,50	0,00
PV	1,6	1,5	1,4	1,50	0,10

La consolidación produjo en todos los casos un incremento del brillo, si bien el Aquazol® 200 confirió un menor cambio frente al 92,3% del Gelvatol® y funori en los que el consolidante habría rellenado los huecos entre partículas (Tabla 127 y Tabla 128).

Al someter a las muestras consolidadas al envejecimiento tipo A se produjo una disminución del brillo, siendo menor en las muestras tratadas con Aquazol® 200 y mayor con el Gelvatol®.

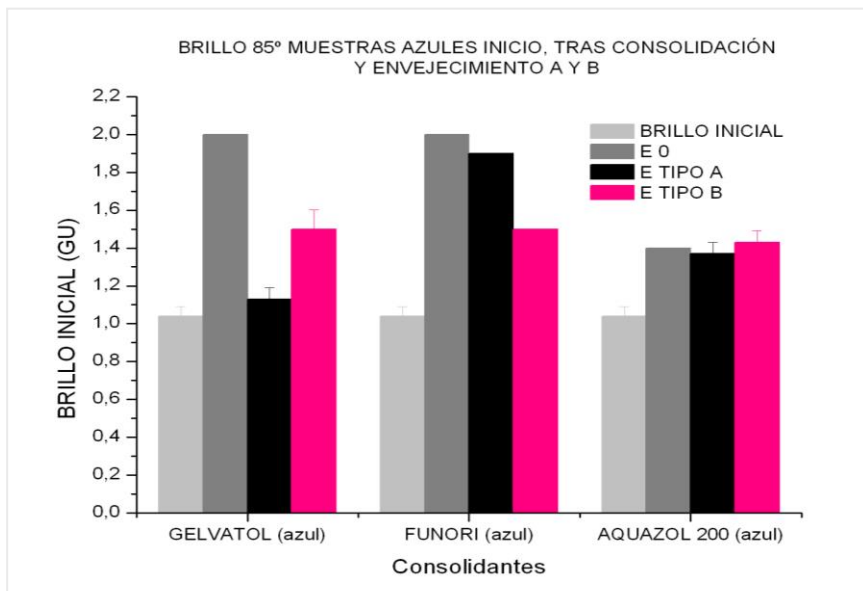


Fig. 429. Brillo 85° muestras azules inicio, antes de consolidar y tras envejecimiento A y B.

Tras el envejecimiento tipo B, el Aquazol® 200 continúa siendo el producto que confiere menos cambios aunque incrementa el brillo. El resto de productos disminuyó significativamente este valor (Tabla 128 y Fig. 429).

Tabla. 128. Muestras azules. Diferencia brillo 85° y diferencia relativa % muestras antes y tras el envejecimiento A y B.

Prod.	Diferencia 85° tras consolidar (GU)	Diferencia relativa (%)	Prod.	Diferencia tras E. tipo A 85° (GU)	Diferencia relativa (%)	Prod.	Diferencia tras E. tipo A 85° (GU)	Diferencia relativa (%)
A2	0,36	34,6	A2	-0,03	-2,14	A2	0,03	2,14
FU	0,96	92,3	FU	-0,10	-5,00	FU	-0,50	-25,00
PV	0,96	92,3	PV	-0,87	-43,50	PV	-0,50	-25,00

En las muestras blancas se midió el brillo a 85° antes de la consolidación, posteriormente y después de envejecer (ver Tabla 129 y Fig. 430). Los cambios se analizaron calculando las diferencias (Tabla 130).

Tabla. 129. Media aritmética brillo 85° (GU) y desviación estándar (σ) muestras blancas antes, después de la consolidación y tras el envejecimiento tipo A y B.

Muestra	85° (GU)	85° (GU)	85° (GU)	Media	σ
Antes de la consolidación					
2BB, 1BB, 2AB, 9AB				5,88	0,57
Tras la consolidación					
A2	7,4	7,4	7,4	7,4	0,00
FU	7,9	7,8	7,9	7,87	0,06
PV	6,7	6,7	6,7	6,7	0,00
Envejecimiento tipo A					
A2	6,9	6,9	6,9	6,9	0,00
FU	8,3	8,3	8,3	8,3	0,00
PV	6,7	6,7	6,8	6,73	0,06
Envejecimiento tipo B					
A2	8,1	8,1	8,1	8,10	0,00
FU	6,8	6,8	7,1	6,90	0,17
PV	8,1	8,1	8	8,07	0,06

Al igual que ocurre con las muestras azules, la aplicación del consolidante produjo un aumento generalizado del brillo superficial. El producto que menos incrementó el brillo fue el Gelvatol®, mientras que funori produjo un aumento del 33,8%. Tras el envejecimiento de las muestras consolidadas observamos que se mantiene el buen resultado obtenido con el Gelvatol®, al ser el producto que produce el menor incremento y variación del brillo. El Aquazol® 200 produjo los mayores cambios tras el envejecimiento.

Tabla. 130. Muestras Blancas. Diferencia brillo 85° y diferencia relativa % muestras antes y tras el envejecimiento A y B.

Prod.	Diferencia 85° tras consolidar (GU)	Diferencia relativa (%)	Prod.	Diferencia tras E. tipo A 85° (GU)	Diferencia relativa (%)	Prod.	Diferencia tras E. tipo A 85° (GU)	Diferencia relativa (%)
A2	1,52	25,9	A2	-0,50	-6,76	A2	0,70	9,46
FU	1,99	33,8	FU	0,43	5,46	FU	0,20	2,99
PV	0,82	13,9	PV	0,03	0,45	PV	0,20	2,54

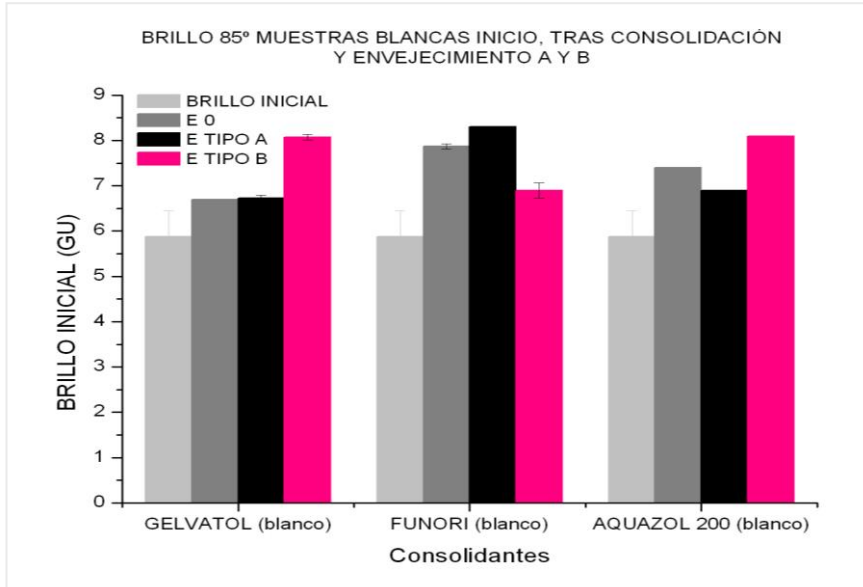


Fig. 430. Brillo 85° muestras blancas inicio, antes de consolidar y tras envejecimiento A y B.

A fin de obtener una mejor comprensión de los resultados obtenidos y visualizar su morfología, se obtuvo una imagen mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), de las muestras azules y blancas sin consolidar (Fig. 431-432).

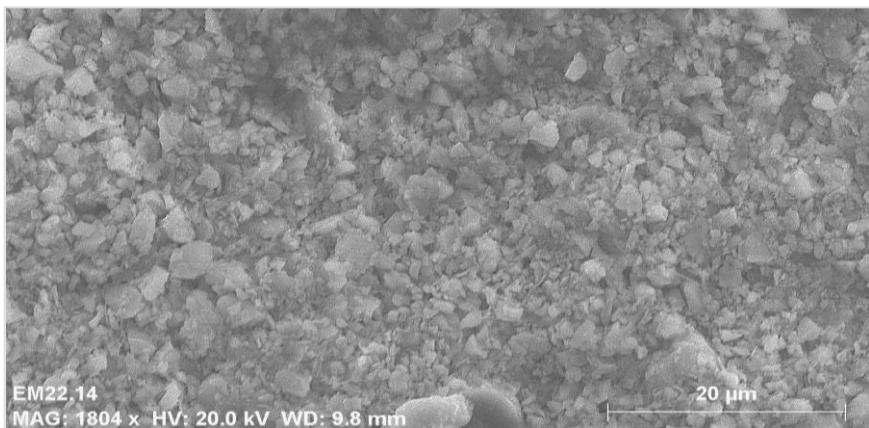


Fig. 431. Imagen SEM (1804x) muestra vinílica azul ultramar antes de consolidar.

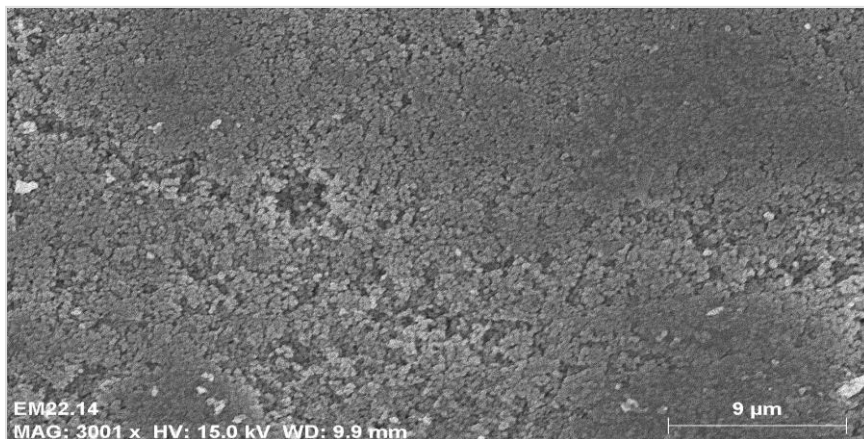


Fig. 432. Imagen SEM (3001x) muestra vinífica blanco titanio antes de consolidar.

A modo de conclusión podemos decir que al comparar las imágenes obtenidas con SEM, descubrimos cómo las partículas de pigmento azul ultramar son mucho más grandes y angulares que las del blanco titanio, confiriendo por tanto una superficie con mayor porosidad y de menor brillo (aspecto mate) que las blancas (Fig. 431 y 432). En este caso, destaca el pequeño tamaño de las partículas de pigmento, las cuales al disponerse de forma más próxima y compactada forman un estrato pictórico de acabado más satinado, con zonas puntualmente porosas.

Así mismo, observamos que tanto las muestras azules como las blancas aumentaron el brillo al ser consolidadas. Tras la consolidación y el envejecimiento, el incremento o descenso del brillo no parece depender del consolidante, si no de su interacción con el tipo de pigmento y/o tipo capa formada.

En contraste con los resultados esperados para el funori, en general las muestras blancas han cambiado menos con el Gelvatol®, aunque el resultado ha sido mejor tras el envejecimiento A que en el B. El Aquazol® 200 ha proporcionado el cambio más bajo en los azules, pero tras el programa A el Gelvatol® se acerca más al brillo inicial (Tabla 128 y 130). Sin embargo ninguno de los tres ha superado los 2 GU respecto a las muestras azules, ni los 8,2 GU en las blancas, con cambios imperceptibles a la vista. A diferencia del Aquazol® 200, el comportamiento respecto al brillo de las películas de polímero no corresponde con el de las muestras tratadas (Ver Capítulo 8).

9.2.3.3. Medición del nivel cohesivo: test de pelado a 90°:

Para muchos autores, la consolidación puede evaluarse a través de la resistencia al esfuerzo de pelado. Como explicamos en el punto 9.2.2.6 y Fig. 424, el registro de los valores se realizó dividiendo cada probeta en 5 tramos de 25 mm a fin de comprobar la uniformidad de la consolidación, de modo que los picos (a mayor número, mayor resistencia), representan el máximo de resistencia opuesta por la pintura a la separación. Y los valles, el tramo de caída de la resistencia tras el despegado de la cinta.

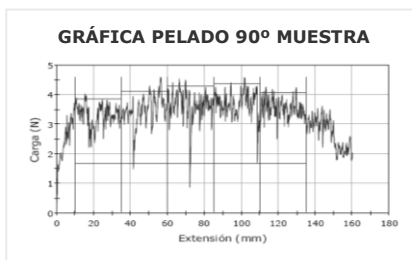


Fig. 433. Ej. gráfico pelado muestra azul.

Así, el gráfico izquierdo (Fig. 433) muestra las oscilaciones de tensión a causa de una considerable resistencia al despegado de una muestra azul consolidada tras el envejecimiento tipo B. Este comportamiento es idéntico a todas las probetas azules.

La tabla siguiente (131) recoge la fuerza media y el número de picos de cada tramo antes de intervenir, tras la consolidación y tras el envejecimiento A y B.

Tabla. 131. Media esfuerzo de pelado 90° (N) por tramos, media total (10-135mm) y desviación típica (σ), muestras azules sin intervenir, intervenidas (Grupo 0) y envejecidas (A y B).

MUESTRA	Esfuerzo pelado 90° Tramo 1 (N)	Nº picos	Esfuerzo pelado 90° Tramo 2 (N)	Nº picos	Esfuerzo pelado 90° Tramo 3 (N)	Nº picos	Esfuerzo pelado 90° Tramo 4 (N)	Nº picos	Esfuerzo pelado 90° Tramo 5 (N)	Nº picos	Media Esfuerzo pelado 90° (N)	σ	
PATRÓN	1,03	5	1,29	5	1,53	5	1,49	5	1,51	5	1,37	0,21	
AQUAZOL® 200													
0	1BAA2	2,25	2	2,21	5	2,59	5	2,51	5	2,31	5	2,37	0,17
A	2AAA2	1,99	5	1,65	5	1,79	5	1,87	5	2,16	5	1,89	0,19
B	3AAA2	1,93	3	2,05	4	2,18	5	1,97	5	1,60	4	1,95	0,22
FUNORI®													
0	4AAFU	1,99	3	2,24	4	2,21	5	2,42	5	2,32	5	2,24	0,16
A	2BAFU	-----	-----	2,15	1	-----	-----	2,19	1	-----	-----	2,17	0,03
B	5AAFU	1,71	1	1,92	4	1,67	3	1,60	4	1,55	3	1,69	0,14
GELVATOL®													
0	6AAPV	3,56	5	3,66	5	3,88	5	3,80	5	3,64	5	3,71	0,13
A	6BAPV	3,91	5	3,85	5	3,95	5	3,74	5	4,02	5	3,89	0,11
B	7BAPV	3,86	5	4,12	5	4,29	5	4,37	5	4,08	5	4,14	0,20
1 (10-35 mm), 2 (35-60 mm), 3 (60-85 mm), 4 (85-110 mm), 5 (110-135 mm). Media (10-135 mm)													
0: sin envejecer, A (envejecimiento termohigrométrico) y B (envejecimiento termohigrométrico y fotooxidativo).													

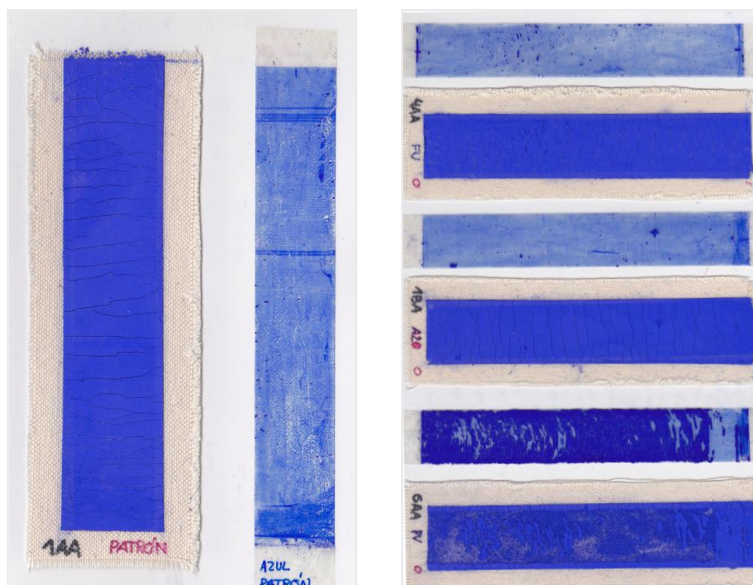


Fig. 434. Azul ultramar. Cintas de pelado y muestras patrón (sin consolidar) y consolidadas sin envejecimiento 0: FU, A2 y PV.

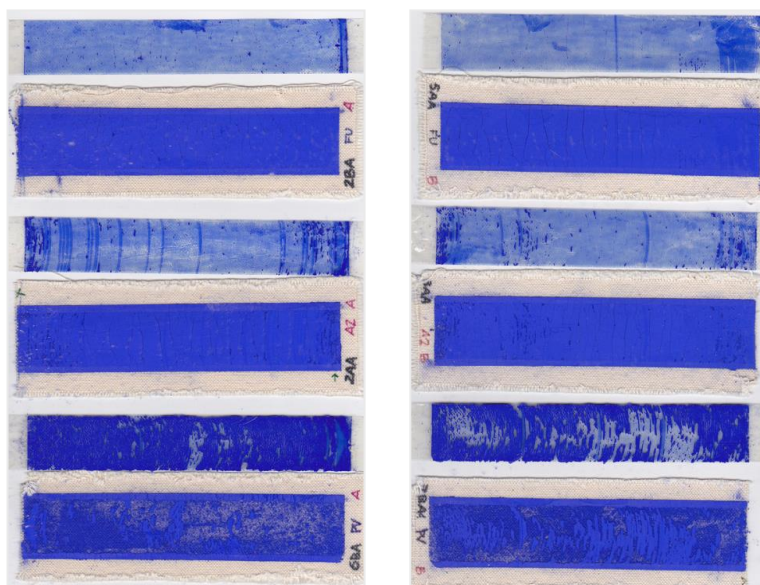


Fig. 435. Azul ultramar. Cintas de pelado y muestras consolidadas envejecimiento tipo A y B: FU, A2 y PV.

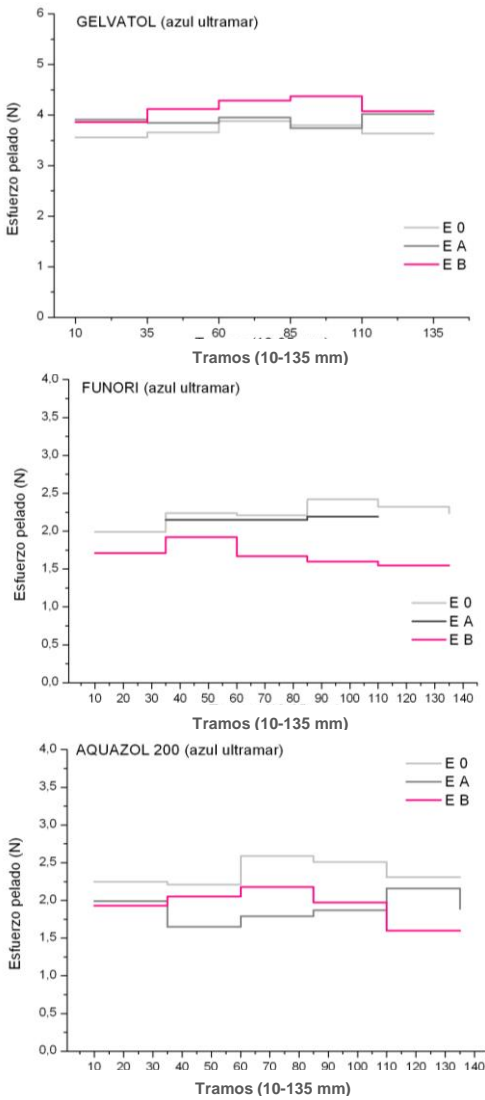


Fig. 436, 437 y 438. Gelvatol®, funori y Aquazol® 200. Gráficas escalera esfuerzo de pelado a 90° (N) por tramos (10-135 mm), muestras consolidadas (0) y envejecidas (A y B).

Las imágenes anteriores (Fig. 434-435), corresponden a las muestras y cintas de pelado azules, las cuales fueron evaluadas mediante un recuento de píxeles a fin de establecer el tipo y naturaleza de la rotura (punto 9.2.2.6).

De igual modo, los gráficos situados a la izquierda (Fig. 436-438 y 439), representan tramo por tramo los valores recogidos en la Tabla 131.

Al observarlos, vemos cómo la consolidación de las muestras azules ha sido por lo general bastante homogénea, sobre todo por lo que respecta al Gelvatol®. La muestras tratadas con funori y expuesta al envejecimiento tipo B, sobre todo junto con aquellas tratadas con Aquazol® 200 han sido dentro de lo que cabe, más irregulares.

Según las Tablas 131-132 y la Fig. 439, la aplicación de los tres polímeros produjo un aumento en los valores de esfuerzo de pelado a 90° (N), si bien el Gelvatol® fue el producto con mayor capacidad consolidante antes del envejecimiento.

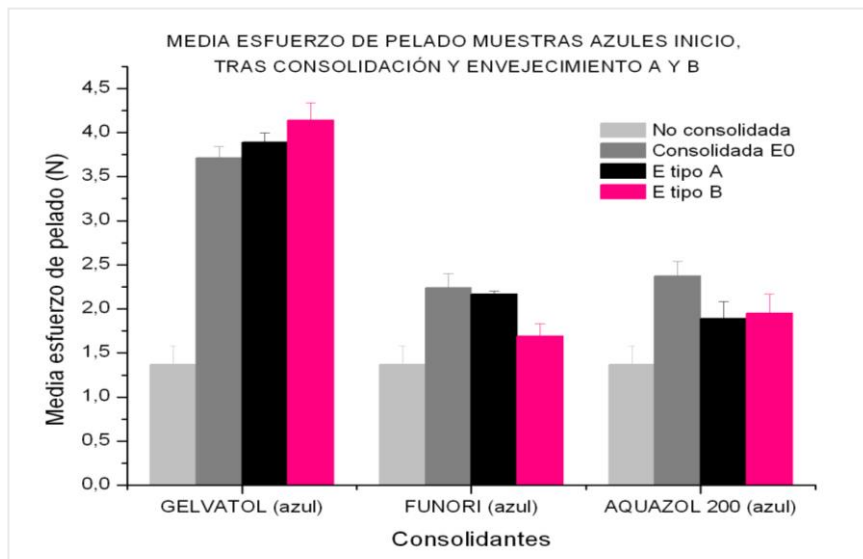


Fig. 439. Media esfuerzo pelado 90° muestras no tratadas (*) y consolidadas no envejecidas (0), y envejecidas Tipo A y B.

Tabla. 132. Azul. Media esfuerzo pelado 90°, diferencia y diferencia relativa muestras no tratadas (*) y consolidadas no envejecidas (0).

Muestra	σ^* (N)	Muestra	$\sigma 0$ (N)	Dif.	Dif. Rel. %
AQUAZOL® 200 (A2)					
PATRÓN	1,37	1BAA20	2,37	1	72,99
FUNORI® (FU)					
PATRÓN	1,37	4AAFU0	2,24	0,87	63,5
GELVATOL® (PV)					
PATRÓN	1,37	6AAPV0	3,71	2,34	170,8

Pues, según el recuento de píxeles (Tabla 134), el estrato pictórico se halla adherido en bloque a la cinta en un 81,96% aproximadamente. El Aquazol® 200 se sitúa en segundo lugar con un esfuerzo de pelado medio de 2,37 N (36,12% < PV), seguido del funori (39,63% < PV). No obstante, si observamos las imágenes de

las muestras y las cintas de pelado (Fig. 434-435), nos damos cuenta de que en contraposición a la profunda cohesión aportada por el Gelvatol®, el resto de polímeros han otorgado una cohesión superficial, en la que se han separado las partículas más próximas, con pequeños cúmulos de mayor grosor dispuestos puntual y de forma aleatoria.

El envejecimiento de las muestras consolidadas produce una variación de la cohesión alcanzada, tanto en forma de aumento como de descenso, tal y como recoge la Tabla 133 y 134. Así, tras el programa A, el Gelvatol® incrementa el esfuerzo de pelado, respecto a la muestra consolidada no

envejecida y un 11,59% tras el envejecimiento B, tal y como se aprecia en las muestras (Tabla 133-134 y Fig. 434-435 y 436).

Tabla. 133. Azul. Media esfuerzo de pelado 90°, diferencia absoluta y relativa entre muestras antes y tras envejecimiento tipo A y tipo B.

Muestra	σ No envejecida (N)	Muestra	σ Tipo A (N)	Diferencia (A-0)	Dif. Rel. %	Muestra	σ Tipo B (N)	Diferencia (B-0)	Dif. Rel. %
AQUAZOL® 200									
1BAA20	2,37	2AAA2A	1,89	-0,48	-20,25	3AAA2	1,95	-0,42	-17,72
FUNORI®									
4AAFU0	2,24	2BAFUA	2,17	-0,07	-3,13	5AAFU	1,69	-0,55	-24,55
GELVATOL®									
6AAPV0	3,71	6BAPVA	3,89	0,18	4,85	7BAPV	4,14	0,43	11,59

Tabla. 134. % estimado consolidación muestras antes y tras envejecimiento tipo A y B (tratamiento informático imágenes)¹²¹¹.

Muestra	% No envejecida (0)	Muestra	Tipo A %	Muestra	Tipo B %
AQUAZOL® 200					
1BAA20	3,59	2AAA2A	13,93	3AAA2	20,84
FUNORI®					
4AAFU0	2,28	2BAFUA	5,11	5AAFU	12,49
GELVATOL®					
6AAPV0	81,96	6BAPVA	89,50	7BAPV	73,89

Hay que decir la muestra 6AAPV presenta una baja consolidación en el tramo 85-110, por algún problema aplicativo (Fig. 436). Posteriormente al envejecimiento, las muestras tratadas con funori descienden el valor de esfuerzo de pelado quedando por debajo del valor de pelado tras la consolidación, lo cual queda recogido en la Fig. 439. Esto

contrasta con el cálculo estimado de partículas adheridas a la cinta, la cual parece mayor (Fig. 434-435 y 437, Tabla 134), y con el comportamiento de los *films* secos de este polisacárido por lo que respecta al aumento de los valores de carga en la rotura.

El Aquazol® 200 desciende notablemente los valores de esfuerzo de pelado tras ambos tipos de envejecimiento quedando por debajo del nivel de esfuerzo de las muestras consolidadas no envejecidas (Tabla 131). El gráfico e imágenes de las muestras corroboran estos datos, aunque en el cálculo de partículas adheridas a la cinta se han contabilizado las pequeñas acumulaciones laterales subiendo el % (Fig. 434, 435 y 438, Tabla 134). No obstante, los *films* secos de este polímero parecían perder sus propiedades cohesivas al descender la resistencia.

¹²¹¹ En el recuento de píxeles de las imágenes se contabilizaron las zonas con mayor acumulación de pintura como consolidadas, frente a las de cinta a vistas como áreas no consolidadas aunque contienen finas partículas.

En las muestras azules, el cálculo del % estimado de la consolidación (Tabla 134) corrobora los resultados obtenidos para el Gelvatol® pero no los del funori y Aquazol® 200, debido a que el porcentaje es mayor al tener en cuenta una serie de acumulaciones puntuales en las imágenes de las cintas de pelado.

Si ponemos en relación los resultados de esfuerzo de pelado a 90° con la cantidad de consolidante aplicado (Tabla 121), comprobamos como la mayor capacidad consolidante del Gelvatol® en las muestras tras su aplicación y envejecimiento, no parece tener relación con dicha cantidad.

Pues, esta siempre se ha localizado en una zona menor o intermedia respecto a los otros dos consolidantes. La pérdida de esfuerzo sufrida por las muestras tratadas con Aquazol® 200 tampoco tiene relación con la cantidad aplicada, la cual superaba al resto. Así mismo, no explica los valores obtenidos con el funori.

Siguiendo la misma metodología que en las muestras azules, se obtuvo el esfuerzo de pelado medio y por tramos tras la consolidación y envejecimiento acelerado Tipo A y B de las muestras blanco titanio, el cual se halla recogido en la Tabla 136.

Tabla. 135. Relación peso consolidante - esfuerzo pelado 90° muestras azules.

ORDEN CRECIENTE POLÍMEROS SEGÚN PESO CONSOLIDANTE (Ver Tabla 131)	ORDEN CRECIENTE POLÍMEROS SEGÚN ESFUERZO PELADO 90° (Ver Tabla 131)
ENVEJECIMIENTO 0	
A2 < PV < FU	FU < A2 < PV
ENVEJECIMIENTO TIPO A	
FU < PV < A2	A2 < FU < PV
ENVEJECIMIENTO TIPO B	
PV < FU < A2	A2 < FU < PV

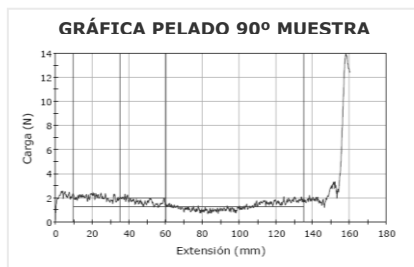


Fig. 440. Ej. gráfica pelado 90° muestra blanca consolidada 5ABPV.

En estas muestras de este color se aprecia un comportamiento homogéneo con una línea con picos y valles bajos. En la imagen 440, vemos que en la zona central la tensión descende al no oponer resistencia, traduciéndose en una falta de cohesión (la muestra envejecida tras el programa A aparece casi intacta en este lugar).

Las imágenes siguientes (Fig. 441 y 442) pertenecen a las muestras y cintas de pelado, mientras que la Tabla 136 recoge los valores de cada tramo de esfuerzo de pelado a 90°, junto a los valores medios (Fig. 446). La representación gráfica de estos se halla en la Fig. 443-445.

9. Adhesión y consolidación de pintura vinílica

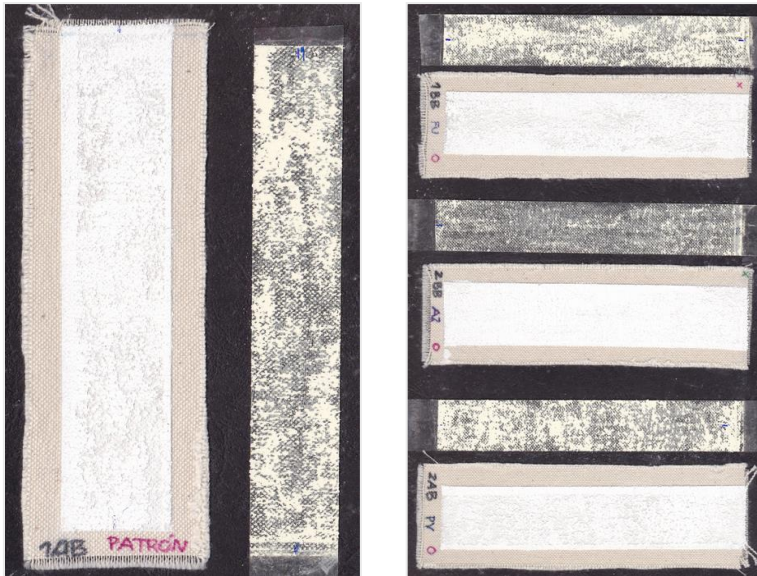


Fig. 441. Blanco titanio. Cintas de pelado y muestras patrón (sin consolidar) y consolidadas sin envejecimiento 0: FU, A2 y PV.

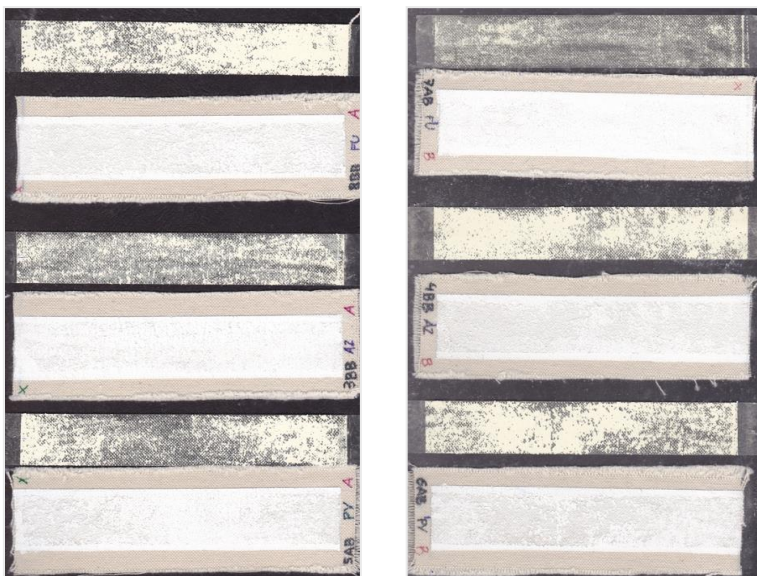


Fig. 442. Blanco titanio. Cintas de pelado y muestras consolidadas envejecimiento tipo A y B: FU, A2 y PV.

Tabla. 136. Media esfuerzo de pelado 90° (N) por tramos, media total (10-135mm) y desviación típica (σ), muestras blancas sin intervenir, intervenidas y envejecidas.

MUESTRA	Esfuerzo pelado 90° Tramo 1 (N)	Nº picos	Esfuerzo pelado 90° Tramo 2 (N)	Nº picos	Esfuerzo pelado 90° Tramo 3 (N)	Nº picos	Esfuerzo pelado 90° Tramo 4 (N)	Nº picos	Esfuerzo pelado 90° Tramo 5 (N)	Nº picos	Media Esfuerzo pelado 90° (N)	σ
PATRÓN	1,47	5	1,56	5	1,27	5	1,49	5	1,69	5	1,50	0,15
AQUAZOL® 200												
0 2BBA2	1,20	1	----	----	1,31	1	1,45	1	0,95	3	1,23	0,21
A 3BBA2	1,40	3	1,34	4	1,53	5	1,57	5	1,53	5	1,47	0,10
B 4BBA2	2,70	1	2,44	3	2,20	3	2,32	4	2,57	5	2,45	0,20
FUNORI®												
0 1BBFU	2,12	5	1,64	5	1,85	5	1,75	5	1,87	5	1,85	0,18
A 8BBFU	2,04	4	2,2	5	2,30	5	2,38	5	2,34	5	2,25	0,14
B 7ABFU	1,44	2	1,36	4	1,25	5	1,60	4	1,76	4	1,48	0,20
GELVATOL®												
0 2ABPV	3,19	1	2,97	5	3,05	5	2,93	4	3,01	5	3,03	0,10
A 5ABPV	-----	-----	2,02	1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	2,02	0
B 6ABPV	2,66	3	2,69	5	3,09	5	3,56	5	3,21	5	3,04	0,38
1 (10-35 mm), 2 (35-60 mm), 3 (60-85 mm), 4 (85-110 mm), 5 (110-135 mm). Media (10-135 mm)												
0: sin envejecer, A (envejecimiento termohigrométrico) y B (envejecimiento termohigrométrico y fotooxidativo).												

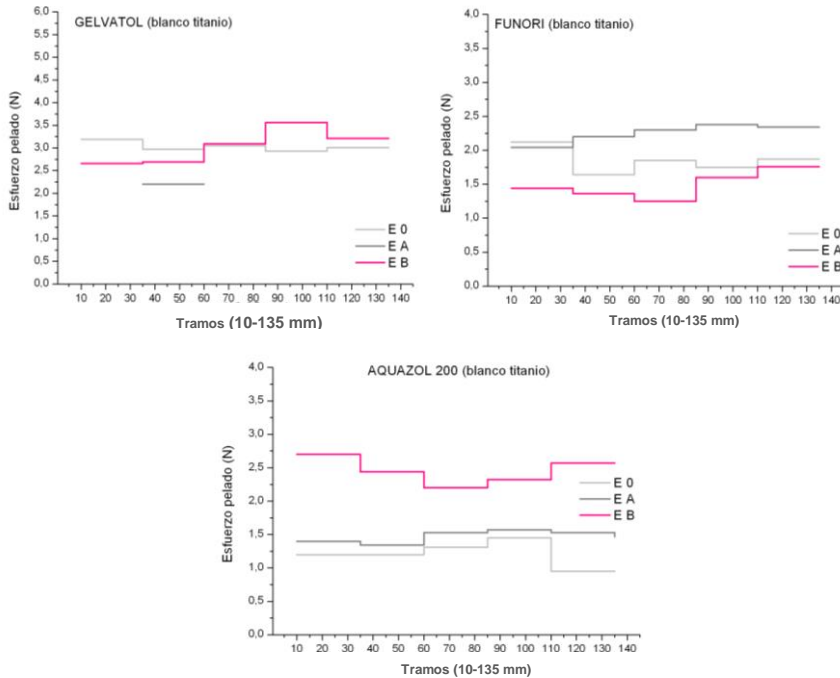


Fig. 443, 444 y 445. Gelvatol®, funori y Aquazol® 200. Gráficas escalera esfuerzo de pelado a 90° (N) por tramos (10-135 mm), muestras consolidadas (0) y envejecidas (A y B).

Al observar los gráficos anteriores, podemos apreciar cómo la consolidación de las muestras blancas ha sido un poco heterogénea, con excepción de la muestra no envejecida tratada con Gelvatol®, la consolidada con funori y Aquazol® 200 envejecidas en el programa Tipo A.

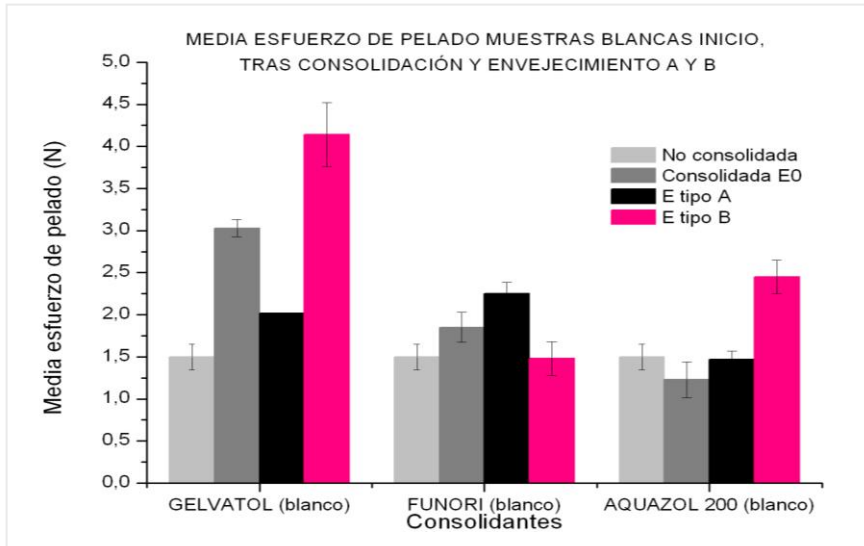


Fig. 446. Media esfuerzo de pelado 90° muestras blanco titanio inicio, tras consolidación y envejecimiento A y B.

Tabla. 137. Blanco. Media esfuerzo pelado 90°, diferencia y diferencia relativa muestras no tratadas (*) y consolidadas no envejecidas (0).

Muestra	σ * (N)	Muestra	σ 0 (N)	Dif.	Dif. Rel. %
AQUAZOL® 200 (A2)					
PATRÓN	1,5	2BBA20	1,23	-0,27	-18
FUNORI® (FU)					
PATRÓN	1,5	1BBFU0	1,85	0,35	23,33
GELVATOL® (PV)					
PATRÓN	1,5	2ABPV0	3,03	1,53	102

Según los datos obtenidos, podemos decir que tras la consolidación todas las muestras incrementaron la media de esfuerzo de pelado a 90°, a excepción de aquellas tratadas con Aquazol® 200. Este parece haber debilitado la cohesión de la muestra al obtener un valor negativo de -0,27 N. Dicha

situación puede comprobarse analizando las muestras y las cintas de pelado, las cuales contienen menos partículas adheridas denotando ese debilitamiento cohesivo (Fig. 441-442).

El Gelvatol® fue el producto con mayor capacidad consolidante tal y como se aprecia en la Tabla 137 y Fig. 443, situándose en segundo lugar el funori

(Fig. 444). Debido a las características de la capa formada por el pigmento blanco titanio, ambos polímeros han proporcionado una consolidación un tanto irregular (>80%, Tabla 137-139) a causa de una penetración también irregular. No obstante, el Gelvatol® (> % rotura adhesiva pintura-substrato) parece haber penetrado mejor que el funori (> % rotura cohesiva pintura).

Tabla. 138. Blanco. Media esfuerzo de pelado 90°, diferencia absoluta y relativa entre muestras antes y tras envejecimiento tipo A y tipo B.

Muestra	σ No envejecida 0 (N)	Muestra	σ Tipo A (N)	Diferencia (A-0)	Dif. Rel. %	Muestra	σ Tipo B (N)	Diferencia (B-0)	Dif. Rel. %
AQUAZOL® 200									
2BBA20	1,23	3BBA2A	1,47	0,24	19,51	4BBA2	2,45	1,22	99,19
FUNORI®									
1BBFU0	1,85	8BBFUA	2,25	0,4	21,62	7ABFU	1,48	-0,37	-20,00
GELVATOL®									
2ABPVO	3,03	5ABPVA	2,02	-1,01	-33,33	6ABPV	4,14	1,11	36,63

Tras el envejecimiento de las muestras se produce una variación de los valores de esfuerzo de pelado a 90°. Por ejemplo, tras el envejecimiento A (ver Tabla 138), las muestras tratadas con Gelvatol® disminuyen un 33,33% la media de esfuerzo, aumentando en un porcentaje similar en el B. Este descenso pudiera tener relación con la pérdida de los valores de carga y deformación en la rotura del polímero. O bien, denotaría un problema aplicativo, ya que la falta de cohesión de la zona central contrasta con la de los bordes¹²¹².

A diferencia del anterior, el funori y el Aquazol® 200 aumentaron considerablemente la media de esfuerzo de pelado. El funori superó el valor de las muestras consolidadas, descendiendo un 20% en el B, quedando por debajo de estas (Tabla 139). A tenor de los resultados, las tratadas con funori parecen haber tenido una mejor distribución y penetración del consolidante en comparación con la muestra tratada con Gelvatol®, exceptuando el tramo 35-60 mm (Tabla 137). En general, este polímero pierde sus propiedades cohesivas tras el envejecimiento B.

El envejecimiento produjo en las muestras consolidadas con Aquazol® 200 un aumento del esfuerzo de pelado, siendo enormemente mayor en el tipo B al producirse un incremento del 99,19% (Tabla 138), el cual supera el valor

¹²¹² No explica el aumento en el B, aunque la carga aumenta en la fluencia 10%.

de la muestra consolidada sin envejecer. Si observamos con detenimiento las muestras y las cintas (Fig. 441-442, Tabla 139), vemos que efectivamente ha habido un aumento del esfuerzo en la muestra 3BB A2 (A) respecto a la muestra 2BB A2 (0) y uno mucho más evidente tras el envejecimiento tipo B (muestra 4BB A2 (B)). Ver Fig. 445. No obstante, este último no supera el resultado del Gelvatol®.

El porcentaje estimado de la consolidación de las muestras según el tratamiento informático de las imágenes (Tabla 139), corrobora los resultados anteriores. Ahora bien, si ponemos en relación la cantidad de consolidante aplicado, con el valor del esfuerzo de pelado a 90° obtenido (ver Tablas 138 y 140), podemos señalar que no parece existir una relación entre ambas variables. Así, tras la aplicación de los polímeros el producto aplicado en mayor cantidad (FU) es el que menor cohesión proporcionó. Los resultados del Aquazol® 200 y Gelvatol® tampoco corresponden con la cantidad aplicada.

Lo mismo podríamos decir con la relación del peso y los valores de esfuerzo alcanzados tras el envejecimiento tipo A. Sin embargo, estos coinciden con los del envejecimiento tipo B, si bien todo apunta a que pueda tratarse de un hecho que cabría corroborar con la realización de nuevos ensayos, pues el Gelvatol® es el polímero con mayor capacidad consolidante, si bien es cierto que se aplicó en mayor cantidad que el Aquazol® 200. Otra cuestión es que comparativamente

Tabla. 139. Blanco. % estimado consolidación muestras antes y tras envejecimiento tipo A y tipo B (tratamiento informático imágenes)¹²¹³.

Muestra	No envejecida 0 (%)	Muestra	Tipo A (%)	Muestra	Tipo B (%)
AQUAZOL® 200					
2BBA20	5	3BBA2A	37,58	4BBA2	82,85
FUNORI®					
1BBFU0	81,44	8BBFUA	89,42	7ABFU	23,31
GELVATOL®					
2ABPV0	83,15	5ABPVA	56,34	6ABPV	88,71

Tabla. 140. Relación peso consolidante con valor esfuerzo pelado 90° muestras blancas.

ORDEN CRECIENTE POLÍMEROS SEGÚN PESO CONSOLIDANTE (Ver Tabla 136)	ORDEN CRECIENTE POLÍMEROS SEGÚN ESFUERZO PELADO 90° (Ver Tabla 136)
ENVEJECIMIENTO 0	
A2 < PV < FU	FU < A2 < PV
ENVEJECIMIENTO TIPO A	
FU < A2 < PV	A2 < PV < FU
ENVEJECIMIENTO TIPO B	
FU < A2 < PV	FU < A2 < PV

¹²¹³ En el recuento de píxeles de las imágenes se contabilizaron las zonas con mayor acumulación de pintura como consolidadas frente a las de cinta a vistas como áreas no consolidadas aunque contienen finas partículas.

también la cantidad de funori aplicado fue menor que los anteriores en ambos programas, pero como decimos el resultado no coincide con este hecho (el funori obtuvo el mayor esfuerzo de pelado en el tipo A).

Para concluir, a modo de resumen, podemos decir que la cohesión inicial de las muestras blancas es superior a las de las azules. Esto indica que el pigmento blanco forma capas más compactas y cohesionadas. Las gráficas de pelado a 90° son distintas también dependiendo del pigmento (ver Fig. 433 y 440). En general, las muestras azules proporcionan gráficos con grandes oscilaciones de tensión con picos y valles más distanciados a causa de una mayor resistencia al despegado opuesta por aquellas consolidadas, mientras que las blancas son más homogéneas, con líneas con picos y valles bajos (con excepción de la muestra azul 5AAFU).

Tras la aplicación del consolidante todas las muestras incrementaron los valores de la media de esfuerzo de pelado, exceptuando las muestras blancas tratadas con Aquazol® 200. Antes del envejecimiento de estas (Tabla 131 y 136), se puso de manifiesto la mayor capacidad consolidante del Gelvatol® en ambos tipos de pigmento (aumento del 170,8 % y 102%), si bien, y esto es común para los tres polímeros ensayados, los valores de esfuerzo son menores en las muestras blanco titanio. El tipo de morfología superficial y la menor porosidad y lenta absorción de las capas podría explicar esta diferencia.

Los resultados del test de pelado a 90° ponen de relevancia su dependencia respecto al tipo de pigmento, siendo las muestras azules las que plasmaron una mayor resistencia al despegado.

El consolidante que ha proporcionado mejores resultados en ambas muestras es el Gelvatol®, si bien el funori tuvo una buena consolidación antes de envejecer (1BB FU) y una mejor distribución en la muestra blanca 8BB FU (envejecimiento tipo A). El Aquazol® 200 rozó el 83% de la superficie consolidada en la muestra blanca 4BB (envejecimiento tipo B). Este producto ha tenido un comportamiento aceptable en cuanto a las variaciones de color en las muestras blancas, si bien tras el envejecimiento tipo B llegamos a un $\Delta E^* < 1,42$. Sin embargo tras este tipo de envejecimiento deja de ser aceptable en las muestras azules, junto al resto de productos (ΔE^* de 3 a 3,8).

También se ha comprobado que el brillo aumenta tras la consolidación de las muestras, manteniéndose dicho nivel tras el envejecimiento.

Otro resultado relevante del test de pelado a 90° es que la consolidación no ha sido totalmente homogénea, sobre todo en el caso de las muestras blanco titanio, probablemente debido a la dificultad técnica de su consolidación mediante nebulización y a las particularidades de los estratos formados por este material. Es decir, mientras que la consolidación de las muestras azules era sencilla (la pintura absorbía el consolidante rápidamente oscureciéndose momentáneamente al mismo tiempo), al realizar las distintas aplicaciones sobre las muestras blancas, el mismo color del material impedía visualizar correctamente la niebla de consolidante sobre la superficie, solo insinuada por un ligero brillo. Además, la capa parecía expulsar el producto formando una mayor acumulación de “vapor” sobre la superficie. Lo anterior, junto con las irregularidades de consolidación de las muestras, puede tener su origen en la menor porosidad de las capas y en la heterogénea distribución de zonas más o menos compactadas de pigmento-aglutinante (menos absorbentes). Por tanto, cabría realizar una aplicación del consolidante en concordancia con el material, esto es, más depurada en las muestras azules y más lenta y secuenciada en el tiempo en las blancas.

En definitiva, los resultados apuntan a que un buen resultado óptico no implica un buen resultado a nivel cohesivo. Evidenciando que mediante una pequeña cantidad de consolidante (ej. 0,0073 a 0,00131), se producen notables mejoras en la cohesión de las muestras, ya que no parece haber una relación clara entre dicha cantidad de y los valores de esfuerzo de pelado obtenidos. Esto es, no es cierto que a mayor cantidad se produzca una mayor resistencia al pelado.

El análisis informático de las imágenes de las muestras y cintas de pelado, basado en el recuento de píxeles y el porcentaje estimado de la consolidación, ha resultado un método práctico y fiable a la hora de corroborar los resultados de esfuerzo de pelado a 90° de las muestras blancas, si bien ha dado errores en las azules a causa del recuento de ciertas acumulaciones localizadas en las cintas.

A falta de realizar otro tipo de pruebas complementarias, la fuerza cohesiva de los polímeros varía tras el envejecimiento y depende tanto de la distribución del consolidante, como de las interacciones físico-químicas consolidante-pigmento. Es decir, los consolidantes interactúan con los materiales constitutivos de las muestras de forma distinta, produciéndose variaciones dependiendo del tipo de pigmento, así como pérdidas y aumentos de cohesión. De ahí, que no podamos establecer una relación clara entre la estabilidad del polímero fuera y dentro de la muestra tratada, en cuanto a la

cohesión proporcionada, ni en determinar si las fuerzas intermoleculares son menores en el consolidante que en relación al pigmento-aglutinante, sin ahondar en las interacciones moleculares formadas, lo cual no es objeto de este estudio¹²¹⁴.

Sin embargo, el estudio de los *films* poliméricos, sí nos ayuda a seleccionarlos buscando aquellos más estables y compatibles¹²¹⁵. Aunque, a la hora de abordar una intervención de este tipo, será necesario considerar las distintas opciones en función de los materiales constitutivos, realizando a su vez, un considerable número de pruebas que nos acerquen a un resultado más satisfactorio. Así mismo, cabría tener en cuenta el comportamiento mecánico y dimensional resultante tras la consolidación. Como también las condiciones ambientales de exposición y almacenaje de las obras intervenidas.

¹²¹⁴ Un buen consolidante es el que tiene fuerzas de interacción más bajas en relación carga-pigmentos. FUSTER LÓPEZ, L. *Op. cit.*, p. 90.

¹²¹⁵ Un aumento del módulo E respecto al de la pintura no tratada no es útil para la conservación, ya que puede traducirse en un endurecimiento o aumento de la fragilidad estructural. VV.AA. "Comparazione degli effetti meccanici di alcuni consolidanti per i dipinti su tela". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, pp. 186-187.



10. CONCLUSIONES

10. CONCLUSIONES

A continuación, se exponen a modo de resumen los avances y conclusiones obtenidas a lo largo de la presente tesis doctoral:

La primera sección, que corresponde a la parte teórica del estudio realizado (Introducción y Capítulos 3 a 7), ha sido de gran importancia a fin de alcanzar los primeros objetivos planteados, pues:

- Se ha dotado a la investigación de un enfoque global que aúna la perspectiva científica con la del conservador restaurador a través del análisis de las fuentes y la experiencia de otros profesionales. Esta ilustrada con numerosos casos reales. La encuesta dirigida a especialistas en la materia ha sido fundamental a la hora de desarrollar la fase teórica y establecer las bases de la fase experimental.
- Mediante el análisis del estado de la cuestión se han constatado los avances alcanzados, junto con la preocupación de los técnicos y el actual interés del tema planteado. Además, se ha realizado una definición y aclaración terminológica.
- Partiendo de una pequeña introducción sobre los materiales, técnicas y conceptos en la pintura contemporánea, se ha profundizado en las alteraciones y sus principales causas, centrándonos en dos tipologías: pulverulencia y falta de adhesión. Se ha detectado una cierta confusión entre la pintura acrílica y vinílica, la cual queda agrupada bajo la denominación de la primera. A su vez, se ha confirmado la dificultad de aplicar la clasificación de estratos tradicional en el análisis organoléptico y diagnóstico de estas obras.
- Gracias al estudio de campo realizado, se ha podido determinar que de las más de 200 obras estudiadas, un alto porcentaje presentaba algún tipo de alteración, siendo las más frecuentes la suciedad (polvo, suciedad grasa y manchas diversas), craquelados, grietas, erosiones, levantamientos de pintura y/o preparación, desprendimiento de elementos adheridos y lagunas.
- Se ha comprobado cómo la falta de adhesión es un caso típico y frecuente en pintura contemporánea, mientras que la pulverulencia aparece en menor grado. No obstante, se han documentado y descrito varios casos de gran relevancia intervenidos en el IVC+R. Ambas comprometen la estabilidad del material y afectan a los niveles estético y

conceptual, requiriendo de intervenciones de restauración específicas y urgentes. Hay que decir, que suelen presentarse de forma localizada e incluso conjuntamente, afectando a una determinada zona de color y/o a uno o varios estratos y/o elementos añadidos. Estas han sido detectadas en técnicas pictóricas como técnicas mixtas, óleos, acrílicos y vinílicos.

- Así mismo, se ha verificado que las causas que provocaron la aparición de estos daños estaban relacionadas con la exposición a condiciones ambientales no controladas en interrelación con la técnica empleada (comportamiento mecánico, incompatibilidad, pérdida de adhesión, debilitamiento del aglutinante, uso de mezclas débiles o espesas, gusto por los acabados mates, etc.), así como con accidentes (caídas, golpes y rotura de conducciones de agua). De ahí que la falta de medidas de conservación preventiva tenga un impacto negativo en el estado de conservación de las obras y sea de necesaria aplicación en todos los ámbitos que rodean las obras.
- Entre los productos más utilizados y recientemente introducidos en este tipo de intervenciones destacan: las colas orgánicas gelatina y esturión, los polisacáridos funori y JunFunori®, los éteres de celulosa Tylose® y Klucel® G, o los sintéticos Paraloid® B72, Acril® 33, Plextol® B500, Mowilith®, Beva® 371, Plexisol® B500, Aquazol® y Fluoline® HY. El conocimiento de sus principales características y propiedades es indispensable a la hora de realizar una correcta selección.
- Se han identificado y descrito los factores y principios teóricos que intervienen en los tratamientos de estabilización. Su comprensión es esencial a fin seleccionar los sistemas y materiales más adecuados, limitando los fallos a fin de alcanzar mejores resultados. No obstante, se ha denotado la dificultad para trasladar la totalidad de dichos principios y variables a la práctica del restaurador debido a las características de las obras y las patologías presentadas.
- Se han confrontado los sistemas tradicionales con la estabilización de pintura contemporánea, poniendo de relevancia el riesgo de la aplicación no controlada de la humedad, temperatura y presión, junto a la conveniencia de la separación de las intervenciones de estabilización de otras como las de forración o el inadecuado uso de los barnices como consolidantes. A su vez, se aconseja diferenciar en su planteamiento y ejecución la adhesión de la consolidación, al presentar distintas características y requisitos.

- Se ha llevado a cabo una revisión exhaustiva de los criterios, técnicas, sistemas actuales de estabilización, realizando la anterior diferenciación. Se ha propuesto un protocolo para el diseño de las intervenciones, detallado los requisitos que deben cumplir junto a los polímeros empleados e identificado los principales problemas derivados.
- Se ha comprobado que la postura del artista puede influir en el modo de resolver una intervención de consolidación y adhesión.
- Se ha podido verificar que la reversibilidad no es un criterio totalmente aplicable en las intervenciones de estabilización, siendo más adecuado hablar de retratabilidad o de eliminación parcial. El criterio de mínima intervención puede resultar también cuestionable en este sentido, al movernos en el plano de intervenciones cuya ejecución resulta esencial para la conservación de la obra ante el riesgo de pérdida del material.

Con todo ello, se han aportado unas bases para la mejor selección de los polímeros y sistemas de estabilización, teniendo en cuenta los materiales, patologías y la doble dimensión concepto-materia de las obras contemporáneas.

En la segunda sección, que corresponde a la parte experimental (Capítulos 8 y 9): se ha determinado que:

- En general la gran mayoría de polímeros se vieron afectados por ciclos de envejecimiento menores a 400 h, mostrando cambios en todos los valores estudiados. Estos, respondieron de forma distinta según el programa A o B describiendo algunas tendencias de comportamiento de gran utilidad en su selección teniendo en cuenta el emplazamiento futuro de las obras intervenidas (expuestas o en almacenes).

En cuanto al **índice de amarilleo (YI)** y la **diferencia total de color (ΔE^*)**:

- Se observó que no todos los productos amarillaron por exposición al envejecimiento Tipo B, encontrando casos en los que este incremento se produjo tras la exposición al Tipo A. Las mayores diferencias parecieron encontrarse en los productos naturales y los más estables fueron el Plexisol® P550, Aquazol® 500, Gelvatol® y Aquazol® 200.
- El uso de materiales sensibles al envejecimiento tipo A (ej. gelatina tipo B, JunFunori® y funori, Acril® 33, etc.), debiera vigilarse en ambientes sin control ambiental y largos almacenajes en la oscuridad. Respecto al Tipo B, no sería muy recomendable el uso de la Beva® 371 como consolidante para obras expuestas en espacios sin control ambiental y lumínico, junto a

otros polímeros susceptibles de formar *films* superficiales sobre estratos con pigmentos de tipo fino a medio (ej. Acril® 33, Plextol® B500, Mowilith® SDM5).

- Según lo anterior, el uso de los materiales no aptos debería limitarse a espacios con condiciones ambientales y lumínicas controladas. En este caso cabe presuponer que los cambios serían más leves. No obstante, también podríamos seleccionarlos empleando como modelos los resultados obtenidos tras los programas Tipo A y B.

Pese a los resultados obtenidos, cabe tener en cuenta el nivel de exigencia de los filtros de clasificación y las características de las probetas empleadas, pues la correspondencia entre estas y la del polímero introducido en la intervención no sería total. A menos que haya sido aplicado incorrectamente, un consolidante no debe formar un *film* sino una red tridimensional cuyo impacto óptico sería teóricamente menor. Este puede reducirse además al utilizar sistemas como la nebulización por ultrasonidos, contribuyendo al control de la penetración. Sin embargo, cabría ser cuidadoso con aquellos materiales que dieron resultados muy negativos (ej. Beva® 371). Por contra, sí formarían *films* los adhesivos, quedando situados por debajo del estrato a fijar. En este caso, la variación de color o amarilleo no debiera preocupar en la selección del material primando la función adhesiva del polímero, a menos que se trate de estratos muy porosos o translúcidos. De ahí que debamos considerar además de los factores ambientales, la función del polímero y el sistema de aplicación.

En cuanto al tema del **brillo**, se ha comprobado que:

- En general, las variaciones de brillo no han sido significativas quedando la mayoría de polímeros en la misma categorización de brillo inicial, exceptuando el Mowilith® SDM5, Plextol® B500 y Acril® 33, la Beva 371®, el Paraloid® B72, Aquazol® 200 o Klucel® G. Los polímeros más estables fueron la gelatina tipo B, el JunFunori® y Fluoline® HY, lo cual los hace muy interesantes en su función como consolidantes de capas pictóricas mates o mate a satinado.
- La información de brillo inicial y de estabilidad puede ser de gran ayuda en la selección del polímero según el acabado de la pintura a consolidar e incluso en su uso en reintegración cromática. La característica del brillo no determina la selección de los polímeros con función adhesiva, aunque cabrá ser cuidadoso con el aplanado de las capas pictóricas termoplásticas bajo la acción de la temperatura.

Los cambios de pH en superficie pueden ser un síntoma de la degradación del polímero, siendo una característica no deseable al estar en contacto directo con los materiales de las obras. Tras el estudio se ha detectado que:

- A excepción del Funori que es básico, el resto de polímeros ensayados posee valores de pH de tipo ácido.
- Frente al envejecimiento, los más estables fueron el Paraloid® B72, Plexisol® P550, gelatina tipo B y cola de esturión. Los éteres de celulosa dejan de ser neutros y la inestabilidad del JunFunori®, Mowilith® SDM5, Fluoline® HY y Aquazol® 500 frente al Tipo B, sugiere que pudieran sufrir con mayor rapidez alteraciones físico-químicas que el resto de materiales ensayados en las mismas condiciones.
- Junto al pH de las soluciones, el pH de las películas secas debe valorarse según el intervalo de seguridad de los materiales constitutivos de las obras. Centrándonos en los extremos, cabría tener cuidado con el Funori (pH 9,6) y con el Mowilith® SDM5 (pH 3,2). Por tanto, la medida del pH en superficie puede darnos una información a largo plazo, complementaria a otras pruebas.

Por lo que respecta al **comportamiento mecánico** (carga-deformación):

- Las colas proteicas son los materiales que menos han variado su rigidez, siendo la de esturión la más estable. Cabe valorar el alto nivel de rigidez de la Tylose® MH300P, Paraloid® B72, gelatina y JunFunori® en su uso como consolidantes, los cuales pudieran aportar un endurecimiento o fragilidad en determinados estratos pictóricos.
- Teniendo en cuenta ambos programas de envejecimiento, los materiales que presentaron una mayor inestabilidad fueron la Tylose® MH300P, el JunFunori®, Aquazol® 200 y 500, Beva® 371 y Paraloid® B72.
- En cuanto al punto de fluencia, se determinó que la Beva® 371, JunFunori®, Acril® 33 y Paraloid® B72 pierden capacidad de deformación.
- Según el esfuerzo y la deformación en la rotura, se han podido diferenciar tres grandes grupos de materiales: el Grupo 1 (gelatina tipo B, cola de esturión, Tylose® MH 300P, JunFunori®, Paraloid® B72 y funori), cuyo uso estaría indicado en uniones más rígidas o menos flexibles y resistentes que los del grupo 2 y 3, así como en consolidaciones. El Grupo 2 (Klucel® G y Gelvatol®), adecuado en su uso como adhesivos y consolidantes para el tratamiento de estratos con cierta flexibilidad. Y el

Grupo 3 (Plexisol® P550, Aquazol® 500, Acril® 33, Aquazol® 200, Beva® 371, Plectol® B500, Fluoline® HY y Mowilith® SDM5), indicado en su utilización como adhesivos en el tratamiento de estratos o soportes con mayor capacidad de elongación, si bien el Fluoline® HY y Aquazol® 200 se emplearían como consolidantes.

- En términos generales, los polímeros que menos modifican el esfuerzo en la rotura tras el envejecimiento son: el Aquazol® 200 y cola de esturión. El Mowilith® SDM5, Fluoline® HY y gelatina son los que menos varían la capacidad de deformación. Sin embargo, la gelatina encoge.

La información obtenida tras el estudio del comportamiento mecánico puede ayudarnos en la selección de los materiales teniendo en cuenta las condiciones ambientales a las que regresarán las obras tras su intervención, favoreciendo la mejor comprensión de la función de cada uno de ellos, junto a algunos problemas de conservación en obras intervenidas anteriormente. No obstante, debemos tener presente la respuesta dimensional de dichos materiales, la cual no ha sido objeto de esta investigación, evitando el uso de aquellos que tengan una reacción excesiva en condiciones no controladas.

El uso de los polímeros que han mostrado una excesiva sensibilidad a alguno de los programas de envejecimiento debiera restringirse a espacios con control ambiental y lumínico.

Pese a la complejidad de correlacionar los resultados de otros estudios obtenidos con otros programas de envejecimiento, se han corroborado algunos problemas detectados por otros autores como los derivados del posible uso de la Beva® 371 como consolidante y con la producción del JunFunori® a partir de 2006.

Según el estudio de **viabilidad** de los materiales aplicados en la **estabilización de pintura vinílica**, se determinó que:

- La tensión de rotura proporcionada por el Plectol® 500 y Acril® 33 en la adhesión de pintura vinílica menor de 1 año, es superior al de la pintura aplicada a pincel sobre tela, e inferior en el caso del Aquazol® 500. Según los resultados y con ciertas limitaciones en cuanto al nivel de adhesión, el Aquazol® 500 es el producto que ha proporcionado mejores resultados en general, frente al resto de materiales.
- Se ha podido comprobar el interés y utilidad de los ensayos realizados en el ámbito de la conservación restauración, poniendo de relevancia los distintos niveles de adhesión obtenidos por los adhesivos respecto al estrato a estabilizar y su variación tras el envejecimiento Tipo A. Se ha

detectado la influencia de la cantidad de adhesivo sobre la tensión de rotura, la distribución heterogénea de los puntos de fallo adhesivo aún cuando el producto se ha aplicado homogéneamente y la posibilidad de afectación del estrato pictórico por este (rotura cohesiva de la pintura). De ahí la preocupación de extrapolar estos resultados con la aplicación real y la dificultad de alcanzar uniones estables y homogéneas que no dañen los estratos tratados.

- En cuanto a las muestras consolidadas, todas ellas incrementaron los valores de la media de esfuerzo de pelado a 90° tras la aplicación del consolidante, exceptuando las muestras blancas tratadas con Aquazol® 200. El consolidante que ha dado mejores resultados en ambas muestras es el GelvatoI®.
- El brillo aumenta tras la consolidación de las muestras, manteniéndose sobre el nivel inicial tras el envejecimiento.
- El tipo de pigmento tiene una influencia directa tanto en el nivel de cohesión inicial como en el resultante tras consolidación, incluso afecta a la aplicación práctica del consolidante tal y como se ha demostrado durante este estudio.
- Un buen resultado óptico no implica un buen resultado a nivel cohesivo. Una pequeña cantidad de consolidante puede otorgar notables mejoras en la cohesión de las muestras, si bien no parece haber una relación clara entre esta y los valores de esfuerzo de pelado obtenidos.
- El análisis informático de las imágenes de las muestras tras la evaluación de la adhesión y consolidación, basado en el recuento de píxeles, ha resultado un método práctico y fiable a la hora de analizar el tipo de rotura en las muestras adheridas. Si bien, pese a que ha servido para corroborar los resultados de las muestras blancas consolidadas, su aplicación en las azules presentó algunos problemas.
- A la hora de abordar una intervención de este tipo cabrá seleccionar el polímero y sistema aplicativo en función de los materiales constitutivos, alteraciones y condiciones ambientales de origen y destino, realizando un considerable número de pruebas que nos acerquen a un resultado más satisfactorio.

Pese a la gran cantidad de cuestiones que quedan sin resolver tras el desarrollo de esta investigación, los resultados obtenidos dan pie a nuevas cuestiones a plantear en **líneas de investigación futuras**. De ahí que

constituyan un punto de partida de un estudio más amplio que trate de establecer una mayor relación entre el comportamiento y estabilidad de los polímeros fuera y dentro de las obras. Conjugando la perspectiva científica con la del conservador-restaurador, se tendrá en cuenta, además del comportamiento óptico, mecánico y dimensional resultante tras la estabilización, junto a los niveles de adhesión y consolidación alcanzados, su viabilidad en el tratamiento de probetas realizadas con otros pigmentos en el caso de las consolidaciones de pintura vinílica, o de diversas técnicas pictóricas contemporáneas (pintura al óleo, alquídica y vinílica) en el caso de las intervenciones de adhesión. Cabrá valorar también la influencia de la edad de los estratos ensayados en comparación con los resultados obtenidos. Otras variables, además del efecto de las condiciones ambientales y lumínicas no controladas sobre la estabilidad de las uniones adhesivas y cohesivas, serían la penetración y el reparto homogéneo en el caso de las consolidaciones en función de los materiales constitutivos y sistema de aplicación o el estudio de polímeros capaces de unir sin alterar los estratos a adherir, junto a la introducción de otras variables tales como la presencia de estratos preparatorios o pictóricos con contenido en zinc.



11. ANEXOS

A) FICHA DE CAMPO PARA EL ESTUDIO DE OBRAS:

PINTURA CONTEMPORÁNEA

Ficha de campo nº:

Fecha:

1. Id. Expo.	Centro:	Título:				
2. Id. Obra:	Nº Reg.:	Autor:	<input type="checkbox"/> Firmado:	Foto		
Título:		Fecha:				
Materia-técnica:						
Dimensiones (alto-ancho-profundidad):		Peso:				
Localización:		Propiedad:				
<input type="checkbox"/> Asociación de piezas (nº):		<input type="checkbox"/> Instrucciones de montaje:	<input type="checkbox"/> Piezas de recambio:			
Tema/descripción:						
Actitud del artista C/R: <input type="checkbox"/> Se desconoce <input type="checkbox"/> Desacuerdo <input type="checkbox"/> De acuerdo <input type="checkbox"/> Necesaria consulta previa <input type="checkbox"/> Otra						
3. Examen organoléptico y diagnóstico:						
A) Descripción técnica:			B) Estado de conservación:			
Mappings:			Mappings:			
SOPORTE/MATERIALES BASE:						
SopORTE (textil, lígneo...)	Dimensiones:		<input type="checkbox"/> Suciedad (tipo):	<input type="checkbox"/> Grietas:	<input type="checkbox"/> Oxidación:	
	Tipo:	Clase:	<input type="checkbox"/> Manchas (tipos):	<input type="checkbox"/> Cortes:	<input type="checkbox"/> Amarilleo:	
	Factura:	Forma:	<input type="checkbox"/> Deformaciones:	<input type="checkbox"/> Erosiones:	<input type="checkbox"/> Defectos:	
	Ligamento:	Trama:	<input type="checkbox"/> Destensado:	<input type="checkbox"/> Agujeros:	<input type="checkbox"/> Deterioro biológico:	
	Corte:	Grosor:	<input type="checkbox"/> Ondulaciones/pliegues:	<input type="checkbox"/> Fragilidad:	<input type="checkbox"/> Partes despegadas:	
	Regularidad:		<input type="checkbox"/> Arrugas:	<input type="checkbox"/> Alabeo:	<input type="checkbox"/> Intervenciones:	
	Nº Partes:	Uniones:	<input type="checkbox"/> Marcas de bastidor:	<input type="checkbox"/> Desensamblaje:		
	Color:	Textura:	<input type="checkbox"/> Pérdidas:	<input type="checkbox"/> Encogimiento:		
Bastidor	Medidas:		<input type="checkbox"/> Suciedad:	<input type="checkbox"/> Pérdida cuñas:		
	Tipo:	Clase:	<input type="checkbox"/> Manchas:	<input type="checkbox"/> Defectos:		
	Forma:	Factura:	<input type="checkbox"/> Deformaciones:	<input type="checkbox"/> Deterioro biológico:		
	Partes/medidas:		<input type="checkbox"/> Alabeo:			
	Uniones:	Acabado:	<input type="checkbox"/> Faltantes:	<input type="checkbox"/> Intervenciones:		
			<input type="checkbox"/> Roturas:			
Observaciones:			Observaciones:			

CAPA DE PREPARACIÓN/FONDOS		
Extensión:		<input type="checkbox"/> Suciedad (tipo):
Factura:		<input type="checkbox"/> Grietas/fisuras:
Carga/s:	Aglutinante:	<input type="checkbox"/> Manchas (tipo):
<input type="checkbox"/> Elementos añadidos:		<input type="checkbox"/> Cazoletas/cordilleras:
Color:	Grosor:	<input type="checkbox"/> Incisiones/rascadas:
Textura:	Dureza/porosidad:	<input type="checkbox"/> Defectos:
<input type="checkbox"/> Encolado previo:		<input type="checkbox"/> Deterioro biológico:
<input type="checkbox"/> Imprimación:		<input type="checkbox"/> Intervenciones:
<input type="checkbox"/> Dibujos preparatorios:		
Observaciones:		Observaciones:
CAPA PICTÓRICA/CAPA DE COLOR*		
Extensión:		<input type="checkbox"/> Suciedad (polvo, grasa):
Técnica:	Factura:	<input type="checkbox"/> Craquelados:
Materia:		<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras:
Modo aplicación:		<input type="checkbox"/> Manchas (brillo):
Gama:		<input type="checkbox"/> Manchas (mate):
Grosor:		<input type="checkbox"/> Manchas blanquecinas:
Textura:		<input type="checkbox"/> Marcas (dedos):
Acabado (mate...):		<input type="checkbox"/> Calcinación:
Superposiciones:		Adherencia estratos:
Elementos añadidos y tipo adhesión:		<input type="checkbox"/> Pulverulencia:
		<input type="checkbox"/> Desprendimiento escamas:
		<input type="checkbox"/> Levantamientos:
		<input type="checkbox"/> Cazoletas/cordilleras:
		<input type="checkbox"/> Bolsas:
		<input type="checkbox"/> Desprendimiento capa pict.-preparación:
		<input type="checkbox"/> Desprendimiento de ambas respecto soporte:
		<input type="checkbox"/> Lagunas:
Observaciones:		Observaciones:
ANEXOS: Firmas, etiquetas, marcos, etc.		
Descripción:		Estado conservación:
4. Observaciones:		
CONSERVACIÓN PREVENTIVA: C. ambientales: ____ °C. ____ %HR. ____ Lux. Renovación aire:		
<input type="checkbox"/> Sistemas de protección (marco, vitrina, paneles, vidrio, metacrilato, vitrinas, elem. disuasorios...):		
<input type="checkbox"/> Sistema de anclaje:		

B) FORMULARIO DE CONSULTA (español-inglés):**FORMULARIO¹²⁵⁴****INTERVENCIONES DE FIJACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE CAPAS PICTÓRICAS NO PROTEGIDAS EN PINTURA CONTEMPORÁNEA¹²⁵⁵.****1. DATOS PERSONALES¹²⁵⁶:**

- Nombre y apellidos:
- Área: Cargo:
- Especialidad:
- *Institución/empresa:
- Teléfono: E-mail:

2. CUESTIONES GENERALES SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN:

- 2.1. ¿Considera la investigación sobre intervenciones de fijación y consolidación de capas pictóricas no protegidas en pintura contemporánea, relevante y de interés para la restauración práctica?:
- Sí. No. No sabe/no contesta.
- 2.2. ¿Cree que está suficientemente desarrollado?:
- Sí. No. No sabe/no contesta.
- 2.3. Si no es así, ¿qué temas o contenidos cree que deberían estudiarse en este sentido?, ¿Cuáles son las necesidades existentes?:
- 2.4. En general, desde su punto de vista ¿cuáles son los avances que se han obtenido en los últimos años?:
- 2.5. ¿Se ha desarrollado algún proyecto o experiencia de este tipo en la Institución a la que pertenece?:

¹²⁵⁴ Por favor, para completar el cuestionario, marque las casillas o responda brevemente según el tipo de pregunta. Una vez completado (puede hacerlo en el mismo documento de Word. Para marcar las casillas habilite en "Ver": "formularios" y para escribir deshabilite esta función), enviar a: mapasval@doctor.upv.es o a la siguiente dirección: M^a Teresa Pastor Valls, C/ Onda nº 40, 1º A, 12006 Castellón. Muchas gracias por su ayuda y participación.

¹²⁵⁵ Este formulario forma parte de la Tesis Doctoral: "*Estudio de sistemas y tratamientos de estabilización de capas pictóricas no protegidas en pinturas contemporáneas. Criterios y metodologías de actuación*" que está siendo desarrollada por D^a M^a Teresa Pastor Valls (Lda. Humanidades y Dda. Conservación Restauración Bienes Culturales Especialidad Pintura), y dirigida por: Carmen Pérez García, Pilar Roig Picazo y David Juanes Barber. IVC+R. Dpto. Conservación Restauración de Bienes Culturales, Facultad Bellas Artes, Universidad Politécnica de Valencia. El proyecto de tesis fue aprobado en Consejo de Departamento de la UPV el 25/09/02, becado por la Fundación ICO (Instituto de Crédito Oficial) para los cursos 2003-2004 y 2004-2005 e inscrito en el Registro de la Propiedad Intelectual de la Generalitat Valenciana (Reg. 18/01/05).

El objetivo principal de este formulario es recoger la experiencia de los profesionales obteniendo una visión global, a fin de acotar y ajustar el objeto de estudio a las necesidades reales de la conservación restauración de arte contemporáneo, así como el de documentar los distintos capítulos del estudio, reproduciendo casos reales en probetas para su posterior testado.

¹²⁵⁶ Puede responder de forma anónima. En ese caso, por favor anote el nombre del centro al que pertenece. Los datos personales serán confidenciales (Ley de Protección de Datos 15/1999).

Sí. No. No sabe/no contesta.

2.6. En líneas generales, ¿podría decir cuál?:

2.7. ¿A qué conclusiones se ha llegado?:

3. ALTERACIONES:

3.1. ¿Cuáles son las alteraciones más comunes que presentan este tipo de capas pictóricas que hacen necesaria una intervención de fijación y/o consolidación?:

- Pulverulencia. Desprendimiento en escamas.
 Cazoletas. Bolsas.
 Craquelados. Grietas.
 Desprendimiento de la capa pictórica respecto a la de preparación.
 Desprendimiento de ambas respecto al soporte. **Otras:**

3.2. ¿En qué tipos de pintura o mezclas de materiales ha observado con más frecuencia estas alteraciones? (por favor, especifique si solas, superpuestas o mezcladas con otros elementos...):

- Acrílica. Vinílica. Alquílica.
 De clorocaucho. Temple de cola. Temple de caseína.
 Óleo. Gouache. Pastel. **Otras:**

3.3. ¿Cuál cree que podría ser la causa/s de que se produzcan?:

- A causa de la técnica empleada.
 Falta o pérdida de aglutinante. Mezclas espesas y rígidas.
 Pinturas gruesas sobre soportes finos.
 Preparaciones débiles respecto a la tensión de la capa pictórica.
 Mala adhesión entre capas pictóricas.
 A causa de la naturaleza de los materiales ("incompatibilidad" entre ellos, por ejemplo pintura acrílica sobre óleo).
 A causa de condiciones ambientales incorrectas (%H.R., T^a, iluminación, ventilación...).

3.4. ¿Podría poner algún ejemplo concreto de como pueden afectar estos parámetros?:

- Por malas manipulaciones. A causa de accidentes y/o atentados.
 A causa de problemas derivados de restauraciones anteriores.
 Por acción de agentes biológicos. **Otras:**

3.5. ¿Podría señalar algún ejemplo significativo que conozca (obra-autor)?:

4. MATERIALES Y TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN:

4.1. ¿Qué materiales suelen utilizar actualmente? (por favor, si no corresponden con los de la lista anote la marca comercial y el tipo de producto).

Colas de origen animal y vegetal:

- Cola de pescado. Cola de esturión.
 Cola de conejo. Cola de dextrina.
 Goma arábica. Agar-agar. Funori.

Resinas acrílicas:

- Paraloid ® B-72. Primal ® AC-33 (remanentes). Acril ® 33.
 Plextol ®B-500. Plexigum ® N-80. Plexisol ® P-550.

Resinas vinílicas:

Alcoholes polivinílicos (PVAL): Mowiol® VP 3:83. Rhodoviol ® 4/125.

Acetatos de polivinilo: Mowilith® 50, DM5 Vinavil®. Rhodopas®B, M...

Colas celulósicas (semi-sintéticas o sintéticas). Éteres de la celulosa:

- Metilcelulosa (Ej. Glutakoll®, Tylose® MH 50). Carboximetilcelulosa (Ej. Tylose® C300). Hidroxipropilcelulosa (Ej. Klucel® G).

Productos especiales:

- Beva ®371. Beva ®Film. Beva ®Gel. Beva ®D-8-S.

Ceras: Cera microcristalina Cosmolloid® 80 H. **Otros:**

- 4.2. De los que se han venido empleando ¿alguno se ha dejado de utilizar? o ¿existe alguno del que no recomendaría su uso? ¿por qué?:
- 4.3. Aproximadamente, ¿cuáles son las proporciones que utilizan? Según su experiencia, ¿qué mezclas de adhesivos-disolventes da mejores resultados?:
- 4.4. Respecto a las técnicas de aplicación, ¿cuáles son las que suelen emplear?:
- Inyección con jeringuilla. Aplicación por medio de pincel.
- Pulverización. Aerosol Generating System®.
- Aplicación por el reverso. Por el anverso.
- Aplicación mediante pincel o jeringuilla y mini mesa de succión.
- Interponiendo Tissue Eltoline®, papel japonés u otros. **Otros:**
- 4.5. Brevemente, ¿en qué casos cree que son más adecuadas?:
- 4.6. ¿Con qué herramientas específicas cuenta la Institución en la que trabaja?:
- Mini mesa de succión. Mesa de succión.
- Aerosol Generating System® (AGS 2000 HS, Lascaux®). **Otras:**

5. OTRAS CONSIDERACIONES¹²⁵⁷:

5.1. Cuando se realiza una intervención de este tipo ¿podría señalar brevemente qué protocolos o pasos de intervención se siguen?:

- Utilización de probetas. Exámenes globales (I.R., U.V., RX):
- Exámenes puntuales (medición pH, de viscosidad, identificación de aglutinantes; colorimetría, brillo...):
- Pruebas de resistencia/estabilidad (a la temperatura, presión, disolventes, ausencia o aumento de humedad, de pigmentos...):

En cuanto a la mezcla adhesivo-disolvente, ¿qué se tiene en cuenta realmente a la hora de su selección y aplicación?:

- Reversibilidad. Compatibilidad. Retratabilidad.
- Transparencia. Ser incoloro.
- Buena adhesividad. Capacidad de adaptación a texturas.
- Flexibilidad. Buena contracción.
- Tiempo de secado óptimo. Tiempo de aplicación idóneo.
- Correcto envejecimiento. Inalteración del aspecto estético.
- Concentración mínima. Viscosidad de la solución consolidante.
- Buena penetración. Poder consolidante óptimo.
- Mantenimiento de la transpiración de los materiales constitutivos de la obra sin llegar a la impermeabilización de las superficies.

¹²⁵⁷ Basadas en la obra GÓMEZ, M^a L. *La Restauración: Examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*. Madrid: Cátedra, 2000.

- Adhesión más débil que la del estrato (para evitar tensiones y roturas).
- pH adecuado. Tensión superficial. Facilidad de aplicación.
- Inexistencia de efectos tóxicos para el restaurador.
- Grado de evaporación del disolvente.

Teniendo en cuenta la obra:

- Tipo de soporte. Materiales constitutivos.
- Técnica de ejecución. Grosor.
- Granulometría pigmentos. Textura.
- Porosidad del sustrato.
- % concentración aglutinante-pigmento-cargas.
- Tipo aglutinante. Acabado (brillo-mate).
- Alteración presentada. **Otras:**

5.2. Atendiendo a la naturaleza de la pintura y a las alteraciones existentes ¿cómo condiciona ésta a la selección del disolvente-adhesivo? ¿podría hacer alguna recomendación al respecto?:

5.3. ¿Ha observado alguna incompatibilidad?, ¿de qué tipo?, ¿a qué cree que es debido?:

5.4. En general, ¿cuáles son los problemas más comunes con los que se encuentra?:

- Brillos. Cercos.
- Modificación índice de refracción. Manchas oscuras y/o blanquecinas.
- Falta de adhesión. **Otros:**

5.5. Según los puntos anteriores, ¿cuáles cree que podrían ser las variables más interesantes a la hora de realizar una investigación en cuanto a fijación/consolidación de capas pictóricas no protegidas en arte actual? (por favor, apunte la que crea más adecuada).

- El tipo de adhesivo (ej. funori) El tipo de disolvente.
- El tipo de alteración presentada (pulverulencia, escamas...)
- El tipo de capa pictórica (acrílica, vinílica, alquídica, temple de caseína).
- El grado de evaporación del disolvente. La viscosidad de la solución.
- El sistema de aplicación (ej. nebulizador por ultrasonidos).
- El envejecimiento. La concentración de volumen de pigmento.
- Su granulometría. **Otros:**

6. CRITERIOS:

6.1. En el caso que nos ocupa, ¿cómo cree que debe plantearse la "no reversibilidad" de estas intervenciones respecto a los criterios aceptados por los restauradores?

6.2. ¿Ha encontrado alguna oposición por parte del autor respecto a este tipo de intervenciones? Si es así, ¿que soluciones se adoptaron?

7. OBSERVACIONES:

- Si tiene alguna duda, no dude en contactar a través de la dirección: mapasval@doctor.upv.es
- Si lo cree conveniente, derive el formulario a las personas que considere.
- Muchas gracias por su colaboración.

QUESTIONNAIRE¹²⁵⁸:
UNCOVERED CONTEMPORARY PAINT. FIXATION AND CONSOLIDATION TREATMENTS¹²⁵⁹

1. INFORMATION¹²⁶⁰:

- Name and surname:
 - Area: Position:
 - Speciality:
 - *Institution/Company/University:
 - *Country:
 - Telephone: E-mail:
-

2. GENERAL QUESTIONS:

- 2.1.** Do you consider this research topic interesting (regarding fixation and consolidation interventions)?
- Yes. No. Do not know.
- 2.2.** Do you think that this topic is sufficiently developed?
- Yes. No. Do not know.
- 2.3.** What topics or contents should be studied in this sense?, What are the existing needs?:
- 2.4.** In your opinion, what are the advances that have been obtained in the last years?:
- 2.5.** In your work place, have any projects or research been developed in this sense?:
- Yes. No. Do not know.
- 2.6.** In general, could you explain what they were?:

¹²⁵⁸ Please, to complete the survey, mark the boxes that proceed or answer briefly, according to the type of question. Once answered the form (in the same document), send it by the 15th January 07 to: mapasval@doctor.upv.es or to the mail address: M^a Teresa Pastor Valls, C/ Onda nº 40, 1^o A, 12006 Castellón, Spain. Thank you very much for your help and participation.

¹²⁵⁹ This form belongs to the thesis project called: *Uncovered Contemporary Paint Stabilizations Systems and Treatments Research. Criteria and Methodology of Intervention*, developed by D^a M^a Teresa Pastor Valls and directed by Carmen Pérez García, Pilar Roig Picazo y David Juanes Barber. IVC+R, Polytechnic University of Valencia-Conservation & Restauration Department. This project was financed by the Fundación ICO (2003-2005), and was registered in the Record of the Intellectual Property, Generalitat Valenciana, Spain (Reg. 18/01/05).

The main objective of this survey is to gather the experience of the professionals obtaining a global vision, to adjust the area of study to the professionals real needs about conservation and restoration of contemporary art, as well as of documenting the different study chapters; reproducing real cases in the experimental phase for their later tested.

¹²⁶⁰ All replies may be kept anonymous. In this case, please answer the *Instituion and *Country replies. If you prefer to answer, use of the information will be confidential (15/1999 Spanish Data Protection Law).

2.7. What were the conclusions?:

3. ALTERATIONS:

3.1. In your opinion, what are the most common alterations regarding to pictorial layers that make a fixation and/or consolidation intervention necessary?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Powdery. | <input type="checkbox"/> Uplifting/flaking. |
| <input type="checkbox"/> Concave uplifting. | <input type="checkbox"/> Convex uplifting. |
| <input type="checkbox"/> Craquelures. | <input type="checkbox"/> Paint layer uplifting. |
| <input type="checkbox"/> Paint layer and preparation uplifting. | <input type="checkbox"/> Crack/fissure. |

Other:

3.2. Which would be the principal cause of these alterations?:

Employed technique:

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Agglutinative loss. | <input type="checkbox"/> Stiff and thick mixtures. |
| <input type="checkbox"/> Thick painting over thin support. | <input type="checkbox"/> Weak preparations. |
| <input type="checkbox"/> Bad adhesion among layers. | |

Material nature (incompatibility: like acrylic over oil):

Incorrect environmental conditions:

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Incorrect handling. | <input type="checkbox"/> Accidents and attacks. |
| <input type="checkbox"/> Biological agents. | <input type="checkbox"/> Incorrect restorations. |

Other:

3.3. Could you indicate some significant example that you know (work - author)?:

4. MATERIALS AND INTERVENTION TECHNIQUES:

4.1. What type of adhesives do you use?:

Animal and vegetable glues:

- | | |
|---------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Fish glue. | <input type="checkbox"/> Sturgeon glue. |
| <input type="checkbox"/> Rabbit glue. | <input type="checkbox"/> Dextrina glue. |
| <input type="checkbox"/> Arabic gum. | <input type="checkbox"/> Agar-agar. |
| <input type="checkbox"/> Funori | |

Acrylic resins:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Acryloid ® B-72. | <input type="checkbox"/> Primal ®AC-33. |
| <input type="checkbox"/> Acryl ® 33. | <input type="checkbox"/> Plextol ® B-500. |
| <input type="checkbox"/> Plexigum ® N-80. | <input type="checkbox"/> Plexisol ® P-550. |

Vinylic resins:

- Polyvinyl alcohol (PVAL): Mowiol ®VP 3:83. Rhodoviol ®4/125.
Polyvinyl acetate: Mowilith® 50; DM5 Vinavil®. Rhodopas ®B

Cellulose glues:

- Methylcellulose (Glutakoll®; Tylose® MH 50...).
- Carboximethyl cellulose (Tylose® C 300).
- Hidroxypropyl cellulose (Klucel ®G).

Special products:

- Beva 371®. Beva Film®. Beva Gel®. Beva D-8-S®.

Wax: Wax Cosmoloid ®80 H.

Other/ Used in combination, please specify:

- 4.2. Regarding the used materials, are there any that you have stopped using? Or are there any that you would not recommend their use? Why?:
- 4.3. Approximately, what are the proportions that you use? According to your experience, what adhesives - solvents mixture do you provide the best results?:
- 4.4. Application methods:
- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Syringe. | <input type="checkbox"/> Brush. |
| <input type="checkbox"/> Spray. | <input type="checkbox"/> Aerosol Generating System®. |
| <input type="checkbox"/> On the back. | <input type="checkbox"/> On the front. |
| <input type="checkbox"/> By means a brush or a syringe and the use of a little suction table. | |
| <input type="checkbox"/> Using a tissue or Japanese paper | |

Other:

- 4.5. Briefly, in what cases do you believe that they are the most suitable?:
- 4.6. What specific tools does the Institution/work centre have?:
- | | |
|--|---------------|
| <input type="checkbox"/> Little or portable suction table. | |
| <input type="checkbox"/> Aerosol Generating System®/AGS 2000 HS, Lascaux®. | |
| <input type="checkbox"/> Suction table. | Other: |

5. OTHER QUESTIONS:

- 5.1. When you carry out these types of interventions, what steps do you follow?
- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Model previous use. | |
| <input type="checkbox"/> Global examinations (I.R., U.V., RX...): | |
| <input type="checkbox"/> Specific examinations (pH, viscosity, materials identification, gloss): | |
| <input type="checkbox"/> Endurance or stability tests (temperature, pressure, solvents, pigments, etc.): | |
- 5.2. **Adhesive-solvent.** What factors do you take into consideration when you choosing a fixation or/and consolidation system?¹²⁶¹:
- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Reversibility. | <input type="checkbox"/> Compatibility. |
| <input type="checkbox"/> Allows for later treatments. | <input type="checkbox"/> Transparency. |
| <input type="checkbox"/> To be colorless. | <input type="checkbox"/> Good adhesiveness. |
| <input type="checkbox"/> Capacity of textures adjustment. | <input type="checkbox"/> Flexibility. |
| <input type="checkbox"/> Good contraction. | <input type="checkbox"/> Ideal drying time. |
| <input type="checkbox"/> Suitable time of application. | <input type="checkbox"/> Long-term stability. |
| <input type="checkbox"/> Unalteration of the aesthetic aspect. | |
| <input type="checkbox"/> Minimal necessary concentration. | |
| <input type="checkbox"/> Viscosity of the solution consolidant. | |
| <input type="checkbox"/> Good penetration. | <input type="checkbox"/> To be able to consolidate ideally. |
| <input type="checkbox"/> Maintenance of the perspiration of the constitutive materials of the work without making the surfaces waterproof. | |

¹²⁶¹ GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*

- Adhesion weaker than that of the stratum to be treated (to avoid tensions and breaks).
- pH adapted. Superficial tension.
- Ease of application. Safety. Degree of evaporation of the solvent.

Other

Regarding the work:

- Type of support. Constitutive materials.
- Technique of execution. Thickness.
- Grain pigments size. Texture.
- Substratum porosity. % volume concentration binder-pigment.
- Agglutinative type. Finish (gloss - mate).
- Observed alteration. **Other:**

5.3. Attending to the nature of the painting and to the existing alterations, how does this determine the selection of the solvent-adhesive? Any recommendations?:

5.4. What have you used in the past that you no longer use? Why? Any incompatibility?:

5.5. What types of problems have you encountered during these processes?:

- Gloss. Fences/stains.
- Refraction index modification. Dark and whitish spots.
- Lack of adhesion. **Other:**

5.6. According to the previous points, which do you believe would be the most interesting variables at the moment of carrying out research in this sense?

- The adhesive type. The solvent type.
- The existing alteration type. The pictorial layer type.
- The degree of solvent evaporation. The solution viscosity.
- The application system. The aging.
- The % volume of pigment concentration.
- Pigment grain and absorption capacity. **Other:**

6. CRITERIA:

- 6.1.** What do you think about the "non reversibility" of the fixation/consolidation interventions as an accepted criterion by the restorers?
- 6.2.** Have you found any opposition on the part of the author with regard to this type of intervention? How did you solve the problem?

7. OBSERVATIONS:

-
- **Contact:** mapasval@doctor.upv.es
 - **Feel free to forward the questionnaire to colleagues who you think may find it interest.**
 - **Your contribution to this research is greatly appreciated.**



11. RELACIÓN DE ILUSTRACIONES Y ABREVIATURAS

11. RELACIÓN DE ILUSTRACIONES Y ABREVIATURAS

11.1. RELACIÓN DE ILUSTRACIONES: IMÁGENES Y GRÁFICOS:

* **Imágenes cubierta:** intervención de conservación restauración en el IVC+R de la obra *Secuencia 41*, 1986, acrílico sobre tabla, Juan Genovés. Galería Marlborough Madrid. MACV. Fotos: M^a.T. Pastor Valls.

Introducción:

- **Fig. 1.** Fragmento. *Aislamiento M73 A*, 1973, 150 x 100, pintura sobre acero, Anzo. Colección MG-UV. Obra intervenida en el IVC+R. Foto: Pascual Mercé Martínez.
- **Fig. 2.** Detalle grifería. Wolf Vostell. *Venus i amor*, 1976, técnica mixta, 126 x 103 x 23. Colección MG-UV. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 3.** *Estos fueron sus poderes*, 1970, mixta sobre madera, 128 x 128 x 37 cm. MACV. Obra intervenida por el IVC+R. Foto: Pascual Mercé Martínez.
- **Fig. 4 y 5.** Detalle limpieza: *El árbol residente en la mente humana*, 1973, acrílico sobre lienzo, Úrculo. *El mundo para quién lo transforma*, 1966, vinílico-lienzo y caja de embalaje, 162 x 204 cm, M. Calvo. MACV. Intervención: IVC+R. Foto: M^a.T. P. V.
- **Fig. 6.** V. Peris y U. Alemany estableciendo criterios para la intervención de sus obras en el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 7.** Consolidación mediante nebulización por ultrasonidos. Foto: Pastor Valls.
- **Fig. 8.** Problema de adhesión entre capas incompatibles. MACV. Foto: M^a.T. P. V.
- **Fig. 9-11.** % Interés, % desarrollo actual del tema de investigación y % experiencias similares llevadas a cabo en otras instituciones, según los encuestados. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 12.** Detalle. Equipo Crónica. *Este no s'escapa*, acrílico-lienzo, 200 x 200, MCV. Intervenida por el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 13.** Intervenciones de adhesión a) y consolidación b). Gráfico: M. Pastor Valls.
- **Fig. 14.** Temple de cola pulverulento. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 15.** *Gouache* blanco craquelado. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 16.** Detalle levantamientos, *Secuencia 41*, 1986, acrílico sobre tabla, Juan Genovés. MACV. Obra intervenida en el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 17-18.** 2006. Formulario de encuesta en la web del GEIIC y anunciado en la plataforma Cons DistList.
- **Fig. 19-20.** Portadas actas CESMAR7 06 y 08.
- **Fig. 21.** Detalle levantamiento de texturas, *S/T*, 1987, técnica mixta sobre lienzo, 100 X 90 cm. Uiso Alemany. MACV. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 22.** Detalle. Ortega. *Massacre II*, 1975, cartón piedra, temple y óleo, 130 x 130. Colección MG-UV. Obra intervenida por el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 23.** POLYEVAART logo. IPCE-UCM.
- **Fig. 24.** Logotipo *Adhesives and Consolidants for Conservation*, CCI.

- **Fig. 25.** Nebulizador por ultrasonidos desarrollado por Michalski en el CCI. Imagen publicada por Michalski, Dignard, Handel y Arnold, 1998.
- **Fig. 26.** Nebulizador ZFB®. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 27-29.** Polímeros naturales y sintéticos aplicados en intervenciones de estabilización. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 30.** % Interés de distintas variables en la investigación de los adhesivos y consolidantes aplicados a la estabilización de pintura contemporánea según encuesta 2008. Encuesta. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.

Capítulo 1:

- **Fig. 31.** Esquema fases de la investigación. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 32.** Imagen página Web BCIN *Database*.
- **Fig. 33.** Fachada principal MACV. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 34-35.** Centre J. Pompidou e Istanbul Modern. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 36-37.** Imágenes de la web del GEIIC y del *Conservation DistList Archives*.
- **Fig. 38.** Imagen de la web del SCRC.

Capítulo 3:

- **Fig. 39.** Detalle: Rafael Canogar, *Composición*, 1972, resina, pintura acrílica y carboncillo sobre madera entelada, 81 x 100 cm. MG-UV. Intervención: IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 40.** Rosemarie Trockel. Detalle lienzo realizado con punto de lana. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 41.** Detalle: A. Cillero, *Huevo sobre negro*, 1972, resina de poliéster, pintura y contrachapado, 122 x 200. MACV. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 42.** Detalle acero mate y brillo. Anzo, *Aislamiento M73 A*, 1973, pintura sobre acero, 150 x100. MG-UV. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 43.** Pintura vinílica sobre loneta sin preparar. 1984. U. Alemany/V. Peris.
- **Fig. 44.** Detalle. Eduardo Sanz Fraile, *Jardín Homenaje a Picasso III*, 1974, vidrio, espejo, pintura y madera, 100 x 110x 15. MACV. Obra intervenida por el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 45-46.** Productos de Bellas Artes. Pintura acrílica, óleo, alquídicos, *gouache* y ceras, etc. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 47.** Detalle. Carmen Calvo, *S/T*, 1990, zinc, cordel y pintura sobre loneta y contrachapado, 200 x 200. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 48.** Detalle. Pájaro pegado. W. Vostell, *Fernán Báez*, 1982, acrílico sobre lienzo, cobre y técnica mixta, 190 x 240 cm. MG-UV. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 49-52.** Procedimientos: Aerógrafo (J. Leparç). Brocha y acumulación de texturas; huellas de manos y calzado; *dripping* (V. Peris y U. Alemany). Obra intervenida por el IVC+R. Fotos: Ana Pellicer Barea y M^a.T. Pastor Valls.

Capítulo 4:

- **Fig. 53.** % de obras estudiadas con alteraciones y % necesidad de intervención. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 54.** Degradación de espuma de poliuretano. A. Cillero, *La Galleta*, 1970, técnica mixta sobre tabla, 122 x 200. MACV. Foto: M^a.T. Pastor Valls.

- **Fig. 55.** Arrugas de secado. Manuel Viola, *Fulgor*, 1973, óleo sobre lienzo, 240 x 140 cm. MACV. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 56.** Craquelados en espiga. Juan Cuellar, *Sense Nom*, acrílico sobre tela, 134 x 139. Fons UJI. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 57.** Craquelados en espiral sobre pintura acrílica. Soledad Sevilla, *Espacio geométrico*, 1980, acrílico sobre lienzo, 100 x 100 cm. MACV. Foto: M^a.T. P. V.
- **Fig. 58.** Grietas sobre pintura acrílica. Deyecciones de moscas. J. Luis Verdes, *Composición 14*, 1972, acrílico sobre lienzo, 125 x 135 cm. MACV. Foto: M^a.T. P. V.
- **Fig. 59.** Craquelados en espiral sobre pintura acrílica. Deyecciones de moscas. Eduardo Úrculo, *Mediterráneo*, 1973, acrílico sobre lienzo, 200 x 200 cm. MACV. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 60-61.** Craquelados de secado en texturas y colores planos. Uiso Alemany Masip, *S/T*, 1987, acrílico sobre lienzo, 100 x 90. MACV. Craquelados de secado. Luis Badosa. Contraste lumínico en estructuras del "Grand Palais" o Estética del hierro, 1977, óleo sobre lienzo, 195 x 130. MACV Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 62.** Arrugas de tensado. Michavila, *Quadrants*. 1967, óleo sobre tela, 160 x 160 cm. Museo de BB.AA. Valencia. Acondicionada por el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls¹²⁵⁴.
- **Fig. 63.** Reposición bombillas. Alcaín. *Altar de un pueblo español*, 1970, mixta sobre pintura mural, 193 x 280 x 145. MACV. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 64.** Depósitos salinos sobre barro. C. Calvo, *De la Serie Recopilación*, 1975, barro cocido y loneta sobre contrachapado, 150 x 190. Colección artista. Foto: T. P.
- **Fig. 65.** Detalle decoloración. Anzo, *Aislamiento 1967-A-1968*, impresión sobre acero. Colección S. Balbastre. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 66-67.** Manchas por condensación y polvo englobado en texturas mordientes. R. Torrent, *S/T*, 1986, óleo sobre lienzo, 114 x 146 cm. MACV. Obra intervenida por el IVC+R. Fotos: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 68.** Cercos y foxing por acción del agua. Carmen Calvo, *De la Serie Paisajes*, 1976. Barro cocido y loneta sobre contrachapado, 150 x 190. Colección artista. Foto: M^a.T. P.
- **Fig. 69-71.** Erosión y lagunas por rascada, cercos producidos por la absorción de agua, rotura y lagunas por caída, rasgado y debilitamiento de capa pictórica por golpe. Obras: M^a Cristina Tejedor, *S/T*, 1976, mixta sobre lienzo, 146 x 114 cm. Blanes, *S/T*, 1974, mixta sobre lienzo y tabla, 200 x 162. MACV. Foto: M^a.T. P. V.
- **Fig. 72.** Detalle rasgados. Molina Ciges, Tela de colchón. Serie Reflexiones y Presencias, 1974, técnica mixta, 50 x 120 cm. Colección del artista. Intervención: IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 73.** Chicle pegado sobre pintura acrílica. Arturo Doñate, *Composición en gris*, acrílico sobre tela, 150 x 150 cm. Fons UJI. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 74.** Detalle ataque xilófagos. Canogar, *Composición*, 1972, acrílico y carbón/madera entelada, 81 x 100. MG-UV. Foto: M^a.T. Pastor Valls.

¹²⁵⁴ Exposición: Ximo Michavila Materia Reservada, del 13 de enero al 4 de marzo de 2007. Museo de BB.AA. Valencia.

- **Fig. 75.** Deyecciones. Cillero. *La Galleta*, 1970, espuma de poliuretano y pintura sobre contrachapado. 122 x 200. MACV. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 76-77.** Estucos y repintes sobre laguna, craquelados y grietas. Decoloración por limpieza agresiva. Salvador Montesa. *El sueño rosa de una niña de un pueblo que fue el mío*, acrílico sobre lienzo, 72 x 91. MACV. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 78-79.** Relación entre tipologías de alteración y técnicas pictóricas (obras estudiadas). Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 80.** Principales alteraciones a estabilizar. Relación entre alteraciones y técnicas pictóricas, según los especialistas encuestados. Gráfico: M^a.T. Pastor V.
- **Fig. 81.** Principales causas aparición fallos de adhesión y cohesión en pintura actual, según los especialistas. Causas en relación con la técnica. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 82.** Escamas cóncavas (zonas de mayor grosor) Genovés, *Secuencia 41*, 1998, Acrílico sobre tabla, 122 x 122 cm. Galería Marlborough Madrid (obra cedida al MACV). Obra intervenida por el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 83.** Problemas de adhesión a distintos niveles y sobre diferentes soportes. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 84.** Borde inferior con levantamientos en escamas, craquelados y lagunas. Vicente Vela, *Producto para un ser*, 1970, acrílico lienzo, 80 x 100. MACV. Foto: M^a.T. P. V.
- **Fig. 85.** Levantamientos y lagunas. Obras de Richard Hamilton. Foto: M^a.T. P. V.
- **Fig. 86.** Levantamientos y lagunas. J. Vaquero Palacios, *Rastrojo Quemado*, 1970, acrílico sobre lienzo, 128 x 95 cm. MACV. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 87.** Craquelados, levantamientos y lagunas. Matías Palau Ferré, *Naturaleza Muerta*. Óleo sobre lienzo con preparación industrial fina. MACV. Foto: M^a.T. P. V.
- **Fig. 88.** Levantamientos y lagunas sobre base absorbente: Michavila. *La casa negra*, 1983, acrílico sobre lienzo, 196 x 196 cm. Colección particular. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 89.** Fuerte levantamiento de texturas: Zapata, *S/T*, 1972, collage sobre tabla, 150 x 198 cm. MACV. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 90.** Falta de adhesión parcial del papel: Ángela García, *El violín está en la mesa*, 1991, acrílico-collage, 118 x 150 cm. MACV. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 91.** Detalle descamación estratos pintura vinílica en probeta. Foto: M^a.T. P. V.
- **Fig. 92-93.** Detalle levantamientos y craquelados en *gouache* blanco titanio y azul ultramar. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 94.** Tensión y distensión estratos fracturados en soporte textil. Foto: M^a.T. P. V.
- **Fig. 95.** Arranque de texturas: *Paisaje*, Carmen Calvo, 1986, barro cocido y loneta sobre contrachapado, 150 x 190. Colección de la artista. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 96.** Desprendimiento de la capa pictórica por un golpe unido a la pobre adhesión del estrato pictórico: Enric Solbes, *El mágic tanca un cercle*, óleo y vinílico sobre lienzo, 130 x 97 cm. Ajuntament de Canals. Intervenida por el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 97.** Rotura y desprendimiento de texturas en pintura vinílica por enrollado de la pintura hacia el interior. Peris-Alemany. Obra intervenida por el IVC+R. Foto: M^a.T. P. V.
- **Fig. 98.** Ejemplos fallos cohesión y adhesión sobre distintos soportes. Foto: M^a.T. P.

- **Fig. 99.** Pigmento azul ultramar sobre hierro. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 100.** Fallo cohesivo de una obra realizada con látex y pigmento en los 80. V. Peris y Uiso Alemany. Obra intervenida por el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 101.** Pulverulencia de la pintura del telón de boca del teatro principal de Segorbe, s. XX. Obra intervenida por el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.

Capítulo 5:

- **Fig. 102.** Esquemas de las estructuras de los polímeros. Fuente: Borgioli y Cremonesi¹²⁵⁵. Diseño: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 103.** % de productos empleados según los encuestados. Gráfico: Pastor Valls.
- **Fig. 104.** % adhesivos naturales en tratamientos adhesión y consolidación pintura actual. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 105.** Enlace *O*-glucosídico. Formación de disacáridos. Fuente: González¹²⁵⁶.
- **Fig. 106.** Estructura de la celulosa. Unión β -1, 4-D glucopiranososa. Fuente: González¹²⁵⁷.
- **Fig. 107.** Algas Rhodophyta. Alaska¹²⁵⁸. Foto: Mandy Lindeberg.
- **Fig. 108-109.** Funori y JunFunori®. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 110.** D-(+)-galactosa. Fuente: Swider y Smith¹²⁵⁹.
- **Fig. 111.** Tripéptido. Enlaces peptídicos¹²⁶⁰.
- **Fig. 112.** Triple hélice levógira de Tropocolágeno (monómero precursor del colágeno)¹²⁶¹.
- **Fig. 113.** Gelatina. Esquema de la estructura del colágeno, formación de gel y sol, según Babel¹²⁶². Fuente: Kolbe. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 114-115.** Cola de esturión seca y en *film*. Gelatina B en grano. Foto: M^a T. P. V.
- **Fig. 116.** % uso adhesivos sintéticos en estabilización de pintura actual según los encuestados. M^a T. Pastor Valls.

¹²⁵⁵ BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Le resine sintetiche usate nel trattamento di opere policrome*. Saonara: Il Prato, 2005, p. 11.

¹²⁵⁶ GONZÁLEZ MAÑAS, J.M. *Curso de biomoléculas*. [En línea]. Dpto. Bioquímica y Biología Molecular. Universidad País Vasco. <www.ehu.es/biomoleculas/hc/sugar33.htm>. [Consulta: 20/09/08].

¹²⁵⁷ *Ibidem*.

¹²⁵⁸ *Seaweeds of Alaska*. Autor: Mandy Lindeberg, 2005. Perenosa Bay, Alaska. <www.seaweedsalaska.com/species.asp?SeaweedID=74>. [Consulta: 20/09/08].

¹²⁵⁹ Cfr. SWIDER, J. R., SMITH, M. "Funori: Overview of a 300-Year Old Consolidant". *JAIC*. Vol. 44, nº 2. [En línea] Washington: AIC, 2005. <<http://aic.stanford.edu>>. [Consulta: 23/11/07].

¹²⁶⁰ VÁZQUEZ CONTRERAS, E. *Bioquímica y biología molecular en línea*. [En línea]. <<http://laguna.fmedic.unam.mx>>. © UNAM 2003. México. [Consulta: 20/09/08].

¹²⁶¹ *Ibidem*. VOSSMAN. *Wikipedia*. <<http://en.wikipedia.org/wiki/Collagen>>. 2011. [Consulta: 22/09/08]. GONZÁLEZ MAÑAS, J.M. *Op. cit.*

¹²⁶² Fuente: KOLBE, G. "Gelatine. Eigenschaften un Auswahlkriterien in der Papierrestaurierung" *Papier Restaurierung*. Vol 2. Stuttgart: IADA, 2001.

- **Fig. 117.** Formación de éteres de celulosa a partir de celulosa alquilada, según Borgioli y Cremonesi¹²⁶³.
- **Fig. 118.** Polímeros sintéticos en sus envases comerciales. Foto: M^a T. Pastor V.
- **Fig. 119.** Derivados vinílicos del Etilen. Fuente: Borgioli y Cremonesi¹²⁶⁴.
- **Fig. 120.** PVAc. Fuente: Borgioli y Cremonesi¹²⁶⁵.
- **Fig. 121.** Estructura y descomposición del PVAc según Borgioli y Cremonesi¹²⁶⁶.
- **Fig. 122.** PVAI. Fuente: Borgioli y Cremonesi¹²⁶⁷.
- **Fig. 123.** Estructuras del PVAcetal y Polivinilbutiral. Fuente: Borgioli y Cremonesi¹²⁶⁸.
- **Fig. 124.** Estructura del EVA¹²⁶⁹.
- **Fig. 125-126.** Beva® O.F. Gel. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 127 y 128.** Poli(alquil)acrilato y poli(metil)metacrilato. Horie. Monómeros de polímeros acrílicos. Fuente: Cremonesi y Borgioli¹²⁷⁰.
- **Fig. 129 y 130.** Plexisol® P550-40 y Plectol® B500. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 131.** Estructura monomérica polímeros PEOX y Aquazol. Fuente: PCI¹²⁷¹.
- **Fig. 132.** Fijación *Aislamiento M73A* de Anzo. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 133.** Copolímero Fluoline HY y ST. Fuente: CTS¹²⁷².
- **Fig. 134.** CCD en aerosol. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 135.** Funori (alga) y extracto seco. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 136.** JunFunori®. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 137.** Vejiga y extracto seco. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 138.** Gelatina B en grano. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 139.** MC. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 140.** Tylose® MH 300P. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 141.** Klucel® G. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 142.** Mowilith® SDM5. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 143.** Gelvatol®. Foto: M^a T. Pastor Valls.

¹²⁶³ Fuente: BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 160.

¹²⁶⁴ *Ibid.*, pp. 82 y 84.

¹²⁶⁵ *Ibid.*, p. 85.

¹²⁶⁶ *Ibidem*.

¹²⁶⁷ *Ibid.*, p. 84.

¹²⁶⁸ *Ibid.*, pp. 84-88.

¹²⁶⁹ Cfr. Fuente: VV.AA. *Tecnología de la adhesión*. [En línea]. <www.loctite.com>. Madrid: Henkel Ibérica, 2000. [Consulta: 28/02/08], p. 20. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls. ALONSO QUEVEDO, J. C. *Alonso formulación. Formulación de Química*. [En línea]. <www.alonsoformula.com>. [Consulta: 26/02/08],

¹²⁷⁰ Fuente: BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 115.

¹²⁷¹ Cfr. POLYMER CHEMISTRY INNOVATIONS. Web. "Aquazol". © Polymer Chemistry Innovations, Inc. [En línea. <www.polychemistry.com>]. [Consulta: 11/08/09].

¹²⁷² Fuente: CTS "Fluoline HY". *Características técnicas*. C.T.S. S.r.l. Altavilla Vicentina, Italia.

- **Fig. 144.** Beva® 371. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 145.** Paraloid® B72. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 146.** Plexisol® P550. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 147.** Acril® 33. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 148.** Plectol® B500. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 149.** Aquazol® 500 y 200. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 150.** CCD *spray*. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 151.** Fluoline® HY. Foto: M^a T. Pastor Valls.

Capítulo 6:

- **Fig. 152.** Adhesivo y sustratos en las intervenciones de adhesión a) y consolidación b). Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 153.** Fases de una unión adhesiva. Fuente: VV.AA¹²⁷³. Diseño: M^a T. P. V.
- **Fig. 154.** Tipos de fallo en uniones adhesivas. Fuente: VV.AA¹²⁷⁴. Diseño: M^a T. P. V.
- **Fig. 155.** Pelado de la capa superficial. MACV. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 156.** Levantamientos. Obra R. Hamilton. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 157.** Esquema de rotura de capas débiles debido a la presencia de contaminación¹²⁷⁵. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 158 y 159.** Fallos adhesivos por defecto y exceso de tratamiento superficial. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 160.** Adhesivo visible procedente de una intervención anterior. Foto: M^a T. P. V.
- **Fig. 161.** Mojabilidad y energía superficial. Fuente: Martín y Martín¹²⁷⁶. Diseño: M^a T. P.
- **Fig. 162.** Propiedades superficiales. Medida de los ángulos de contacto. Fuente: Martín y Martín¹²⁷⁷. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 163.** Modificación de la energía superficial mediante ciclododecano. Foto: M^a T.P.
- **Fig. 164.** Adhesión: alta viscosidad. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 165.** Consolidación: baja viscosidad. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 166.** Mojabilidad capilar. Fuente: Masschelein-Kleiner¹²⁷⁸. Diseño: M^a T. P. V.
- **Fig. 167.** Frente capilar. Fuente: Michalski¹²⁷⁹. Diseño: M^a T. Pastor Valls.

¹²⁷³Fuente: VV.AA. *Op. cit.*, p. 20.

¹²⁷⁴ *Ibidem*.

¹²⁷⁵ Basado en: MARTÍN MARTÍNEZ, J. M., MARTÍN REY, S. *Adhesión y adhesivos en intervención de pintura sobre lienzo*. Valencia: UPV, 2008, p. 113.

¹²⁷⁶ Fuente: MARTÍN MARTÍNEZ, J. M., MARTÍN REY, S. *Op. cit.*, p. 51.

¹²⁷⁷ *Ibid.*, p. 52.

¹²⁷⁸ Fuente: MASSCHELEIN-KLEINER, L. *Les solvants*. Bruselas: KIK-IRPA, 1994, p. 22.

¹²⁷⁹ Fuente: MICHALSKI, S. "Un modello fisico del processo di consolidamento, applicato principalmente ai dipinti" *Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutarne l'efficacia. Atti congresso CESMAR7* Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, p. 45.

- **Fig. 168.** Progresión de los solventes en el interior de un cuerpo poroso según Masschelein-Kleiner¹²⁸⁰. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 169.** Capilaridad pintura craquelada, según Michalski¹²⁸¹. Diseño: M^a T. P. V.
- **Fig. 170.** Absorción de un consolidante en un estrato poroso. Fuente: Michalski¹²⁸². Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 171.** Áreas de secado de un cuerpo poroso, según Michalski¹²⁸³. Diseño: M^a T. P.
- **Fig. 172.** Aplicación y curado de polímeros en solución. Fuente: Borgioli y Cremonesi¹²⁸⁴. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 173.** Aplicación y curado de las resinas en dispersión. Fuente: Borgioli y Cremonesi¹²⁸⁵. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 174.** Uniones correctas e incorrectas (grosor excesivo y formación de defectos). Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 175.** Obras tratadas colgadas en vertical. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 176.** Esquema Tg del Plextol B500®. Fuente: Borgioli y Cremonesi¹²⁸⁶. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 177.** Adhesivo envejecido sobre Ioneta. Paisaje, 1976, Carmen Calvo. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 178.** Ley de reflexión: $\hat{i} = \hat{r}$. Fuente: García y Boix¹²⁸⁷. Diseño: M^a T. Pastor V.
- **Fig. 179.** Reflexión especular y difusa. Fuente: García y Boix¹²⁸⁸. Diseño: M^a T. P.
- **Fig. 180.** Escala aproximada de PVC. Fuente: Hansen et Al.¹²⁸⁹. Diseño: M^a T. P. V.
- **Fig. 181.** Relaciones entre PVC-CPVC. Fuente: Guy¹²⁹⁰. Diseño: M^a T. Pastor Valls.

Capítulo 7:

- **Fig. 182 y 183.** Detalle aplicación cola y papel japonés. Sentado del color con plancha. Fotos: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 184 y 185.** Detalle desprotección. Reentelado mesa baja presión. Fotos: M^a T. Pastor Valls.

¹²⁸⁰ MASSCHELEIN-KLEINER, L., *Op. cit.*, p. 27.

¹²⁸¹ Fuente: MICHALSKI, S. *Op. cit.*, p. 45.

¹²⁸² Fuente: *Ibid.*, p. 46.

¹²⁸³ *Ibid.*, p. 47.

¹²⁸⁴ Fuente: BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 66-69.

¹²⁸⁵ *Ibidem.*

¹²⁸⁶ *Ibid.*, pp. 20-22.

¹²⁸⁷ Fuente: Cfr. GARCÍA FERNÁNDEZ, J., BOIX, O. *Edison-Aprendizaje basado en Internet*. [En línea]. <<http://edison.upc.edu/curs>>. [Consulta: 22/08/07].

¹²⁸⁸ *Ibidem.*

¹²⁸⁹ HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Ed.). *Matte Paint. Its history and technology, analysis, properties, and conservation treatment with special emphasis on ethnographic objects*. A Bibliographic Supplement to AATA. California: The Getty Conservation Institute, 1993, p. 39.

¹²⁹⁰ GUY, A. "The Science and Art of Paint Formulation". *The Chemistry and Physics of Coatings*. 2nd Edition. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2004, p. 320.

- **Fig. 186.** Barniz sobre personajes. Foto UV *Secuencia 41*, 1986, acrílico sobre tabla, Genovés. MACV. Obra intervenida en el IVC+R. Foto: Pascual Mercé.
- **Fig. 187.** Pasos previos a la realización de una intervención según los encuestados. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 188.** Detalle. *El màgic tanca un cercle*. Solbes. Antes y tras intervención. Enric Solbes, *El màgic tanca un cercle*, óleo y vinílico sobre lienzo, 130 x 97 cm. Ajuntament de Canals. Intervenida por el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls y Pascual Mercé Martínez.
- **Fig. 189.** Ej. Estratigrafía *Vida con Muñeca*, Anzo. Foto: Livio Ferrazza y David Juanes Barber.
- **Fig. 190 y 191.** Colorímetro. Foto: M^a.T. Pastor Valls. Digitalización 3D fragmento *A ellós també les gusta tricotar*, Anzo. Digitalización: Juan Pérez Miralles.
- **Fig. 192.** Ejemplo hipotético: modelo toma de decisiones. Gráfico: Pastor Valls.
- **Fig. 193 y 194.** Empapelado puntual con cola de esturión en una obra de Saura. MNCARS. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 195.** Protección con CCD. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 196.** Detalle levantamientos. Genovés. *Secuencia 41*, 1986, acrílico sobre tabla, 122 x 122. MACV. Obra intervenida en el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 197, 198, 199, 200 y 201.** *Secuencia 41*. Genovés, bajo lupa binocular. Utilización de retículas. Aplicación adhesivo y corrección de la deformación. Genovés. *Secuencia 41*, 1986, acrílico sobre tabla, 122 x 122. MACV. Obra intervenida en el IVC+R. Fotos: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 202 y 203.** Detalle *Secuencia 41* antes y después de la intervención. Genovés. *Secuencia 41*, 1986, acrílico sobre tabla, 122 x 122.. Obra intervenida en el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 204 y 205.** Adhesión de estratos con 2% MC. Salvador Soria. *El vendedor de cocos*, 1957, mixta lienzo, 130 x 89. AMV. Intervenida por el IVC+R. Foto: M^a.T. P. V.
- **Fig. 206-209.** Ortega. *Massacre II*, 1975, cartón piedra, temple y óleo, 130 x 130. Colección Patronato Martínez Guerricabeitia-UV. General, estratigrafía y detalle de lagunas y levantamientos. Intervenida en el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls, Livio Ferrazza y David Juanes Barber.
- **Fig. 210.** Tratamientos para pintura mate escamada o pulverulenta. Esquema traducido por M^a Teresa Pastor del libro *Matte Paint*. Fuente: Hansen, Walston y Bishop (Ed)¹²⁹¹.
- **Fig. 211-214.** Estabilización de *The Sun* de Munch. Imágenes video ©The Munch Museum¹²⁹².

¹²⁹¹ HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Ed.).*Op. cit.*, 1993, pp. 46-47.

¹²⁹² Cfr. MUNCH MUSEET. "Journal 3: Treatment of "The Sun", consolidating paint". © Copyright The Munch Museum 1999-2010. [En línea]. Oslo: Munch Museet, 7/11/2005. <www.munch.museum.no>. [Consulta: 17/04/10].

- **Fig. 215 y 216.** Detalles grandes texturas y levantamientos lienzos V. Peris, U. Alemany, *Un tiempo un espacio*, pigmentos, PVAc y alquitrán sobre loneta. Intervenida en el IVC+R. Foto: Ana Pellicer Barea.
- **Fig. 217.** Detalle del fallo adhesivo de la obra *Paloma* de Ripollés. Colección: Familia Bodí. Intervenida en el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 218.** Detalle *De la serie Paisaje*, 1976, técnica mixta sobre loneta y tabla, 150 x 190. C. Calvo. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 219.** Técnicas aplicación adhesivos y consolidantes en intervenciones de estabilización según encuestados. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 220.** Aplicación del adhesivo mediante pincel obra Vicente Castellano. Ícaro, 1966, técnica mixta, 76 x 61. Intervenida en el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 221 y 222.** Aplicación adhesivo por inyección y mediante espátula. Intervenida en el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 223, 224 y 225.** Pinzas de cirugía ocular y de succión. Foto: Pastor Valls.
- **Fig. 226 y 227.** Aplicación “a la gota” y uso de la mini mesa succión. Intervenida en el IVC+R. Foto: Ana Pellicer Barea.
- **Fig. 228-229.** Espátula caliente con control de temperatura, puntas metálicas y pinceles *Colour Shaper®*. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 230 y 231.** Fijación. Anzo. *Aislamiento M73A*, esmalte sobre acero inoxidable, 1973, 150 x 100. Intervenida en el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 232.** % parámetros que marcan la selección del adhesivo en un tratamiento de estabilización, según encuesta. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 233.** Polímeros e intervenciones de estabilización según encuestados. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 234.** Restos de adhesivo intervención anterior. Genovés. *Secuencia 41*, 1986, acrílico sobre tabla, 122 x 122. Obra intervenida en el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor V.
- **Fig. 235-237.** Preparación de adhesivos para almacenar en seco: cola de esturión. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 238.** Problemas en estabilizaciones. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 239 y 240.** Estratos disgregados, escamados y deformados por acción del agua. Fragmentos mal adheridos. Intervenida en el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 241.** Detalle pulverulencia telón s. XIX, Segorbe. Intervenida en el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 242.** Salvador Soria. *El vendedor de cocos*, 1957, mixta lienzo, 130 x 89. AMV. Detalle preparación disgregada y pintura con falta de cohesión y levantamientos. Fotos: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 243.** Interposición tejido poliéster en el aspirador. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 244.** Salvador Soria. *El vendedor de cocos*, 1957, mixta lienzo, 130 x 89. AMV. Detalle preparación disgregada y pintura con falta de cohesión y levantamientos. Fotos: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 245.** % aplicación técnicas estabilización según encuestados. Gráfico: M^a.T. P.
- **Fig. 246.** % herramientas en instituciones. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 247.** Esquema consolidación mediante pincel. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 248.** Detalle consolidación preparación *El vendedor de cocos*. S. Soria. 1957, mixta lienzo, 130 x 89. Foto: M^a.T. Pastor Valls.

- **Fig. 249.** Detalle consolidación. Genovés. *Secuencia 41*, 1986, acrílico sobre tabla, 122 x 122. Obra intervenida en el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 250.** Detalle consolidación puntual “a la gota” zona obra Peris y Alemany. Intervenida en el IVC+R. Foto: Ana Pellicer Barea.
- **Fig. 251 y 252.** Detalle sentado de color interponiendo papel japonés. Detalle eliminación. Obra V. Peris y U. Alemany (PVAc y pigmentos sobre loneta algodón). Exposición Un tiempo un espacio. Intervenida en el IVC+R. Foto: Ana Pellicer Barea.
- **Fig. 253-256.** Secuencia de consolidación *The Sun*. Munch¹²⁹³.
- **Fig. 257.** Consolidación de *The Human Mountain*. E. Munch. ©Munch Museet¹²⁹⁴.
- **Fig. 258.** Nebulizador. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 259 y 260.** Nebulizador de mesa ZFB y portátil *W/AVn II@*. Foto: M^a.T. P. V.
- **Fig. 261.** Salvador Soria. *El vendedor de cocos*, 1957, mixta lienzo, 130 x 89. AMV. Intervenida en el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 262.** Mini mesa de succión, IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 263-266.** Genovés. *Más Cerca*, 1980, huevo y resina vinílica, 100 x 81. Colección Martínez Guerricabeitia-UV. Detalle lagunas, levantamientos y repintes. Estratigrafías. Tratamiento en mesa de baja presión y uso del nebulizador por ultrasonidos. Intervenida en el IVC+R. Foto: Greta García Hernández.
- **Fig. 267.** % parámetros que marcan la selección del consolidante en un tratamiento de estabilización, según encuesta. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 268.** Polímeros e intervenciones de estabilización según encuestados. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 269.** % Requisitos exigidos a los polímeros empleados en intervenciones de estabilización de pintura actual según los encuestados. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 270.** % alteraciones producidas en las intervenciones de estabilización según encuesta. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 271.** Esquemas: a) acumulación superficial polímero y b) formación de cercos. Fuente: Hansen *et al.*¹²⁹⁵. Gráfico: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 272.** Conversando con Carmen Calvo en su taller en Valencia. Foto: Isabel Alonso.
- **Fig. 273 y 274.** *Nebulización y uso de mascarilla. Etiquetado de adhesivos*. Foto: Ana Pellicer y M^a Teresa Pastor.
- **Fig. 275.** Detalle trasera reverso de una obra. Foto: M^a.T. Pastor Valls.

Capítulo 8:

- **Fig. 276.** Luz. Espectro visible. Fuente: Horst Frank¹²⁹⁶. Diseño: M^a T. Pastor Valls.

¹²⁹³ MUNCH MUSEET. *Op. cit.*

¹²⁹⁴ Cfr. MUNCH MUSEET. “The Human Mountain. (Towards the light)”. © Copyright The Munch Museum 1999-2010. [En línea]. Oslo: Munch Museet, 2010. <www.munch.museum.no>. [Consulta: 17/04/10].

¹²⁹⁵ HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Ed.). *Op. cit.*, 1993, p. 53.

- **Fig. 277.** S_D, R_D y R. Fuente: Llusar *Et al.*¹²⁹⁷. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 278 y 279.** Síntesis aditiva a) y sustractiva colores primarios b). Fuente: Llusar *Et al.*¹²⁹⁸.
- **Fig. 280.** Espacio cromático y diagrama cromático RGB. Fuente: Climent et al¹²⁹⁹.
- **Fig. 281.** Diagrama CIE 1931 (Fuente: efg's Computer Lab)¹³⁰⁰.
- **Fig. 282.** Evaluación de la luminosidad, tonalidad e intensidad o cromat¹³⁰¹.
- **Fig. 283.** Reflexión especular. Reflexión difusa. Fuente: García y Boix¹³⁰² Diseño: M^a T. P.
- **Fig. 284.** Curva esfuerzo-deformación de los polímeros según Fuster/Mecklenburg¹³⁰³. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 285.** Comportamiento del material según el tipo de curva de carga-deformación, según Wolbers¹³⁰⁴. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 286.** Preparación de muestras. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 287.** Grupo 0 o grupo patrón. Foto: Pascual Mercé Martínez.
- **Fig. 288.** Muestras polímeros 1-6. Grupos A y B. Foto: Pascual Mercé Martínez.
- **Fig. 289.** Muestras polímeros 7-12. Grupos A y B. Foto: Pascual Mercé Martínez.
- **Fig. 290.** Muestras polímeros 13-16. Grupos A y B. Foto: Pascual Mercé Martínez.
- **Fig. 291 y 292.** Cámara *Climacell* y muestras. Fotos: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 293.** Esquema rampas 1 ciclo envejecimiento (7 días). Diseño: David Juanes.
- **Fig. 294.** Muestras polímeros envejecidos 1-6. Grupos A y B. Foto: Pascual Mercé.
- **Fig. 295.** Muestras polímeros envejecidos 7-12. Grupos A y B. Foto: Pascual Mercé Martínez.
- **Fig. 296.** Muestras polímeros envejecidos 13-16. Grupos A y B. Foto: Pascual Mercé Martínez.
- **Fig. 297.** Espectrofotómetro UV-VIS Jasco V-670. UJI. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 298.** Elcometer® 407 Statistical Glossmeter. IVC+R. Foto: M^a T. Pastor Valls.

¹²⁹⁶ HORST FRANK. 2005. <electromagnetic_spectrum_es.svg>. [Consulta: 14/03/08].

¹²⁹⁷ LLUSAR, M., MONRÓS, G., TENA, M.A., ESTEVE, V., BADENES, J.A. *La síntesi de pigments ceràmics com a pràctica integral en el laboratori de Química Inorgànica de l'estat sòlid*. Laboratori Avançat en Química IV. Química Inorgànica. Castellón: UJI, 2009, pp. 111-116.

¹²⁹⁸ *Ibidem*.

¹²⁹⁹ CLIMENT, V., CARPINELL, P. "Introducción a la colorimetría". *Nuevos Productos y Tecnologías de Esmaltes y Pigmentos Cerámicos*. Castellón: Faenza Editrice, 1992, pp. 150-152.

¹³⁰⁰ *Ibidem*. LLUSAR, M., MONRÓS, G., TENA, M.A., ESTEVE, V., BADENES, J.A. *Op. cit.*

¹³⁰¹ *Ibidem*.

¹³⁰² *Ibidem*.

¹³⁰³ MECKLENBURG, M.F., LÓPEZ FUSTER, L. *Estudio de las propiedades mecánicas y dimensionales de los materiales pictóricos*. Diapositivas. Valencia: Ed. UPV, 2009.

¹³⁰⁴ Cfr. WOLBERS, R. "Proprietà Meccaniche a Breve Termine degli Adesivi: Effetto dei Solventi e dei Plastificanti". *L'Attenzione alle superfici pittoriche. Atti del congresso CESMAR* 7. Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008, p. 120.

- **Fig. 299.** PH-metro de contacto. IVC+R. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 300.** Micrómetro de bolsillo.
- **Fig. 301 y 302.** Torre INSTRON 3345. Detalle ensayo esfuerzo-deformación. IVC+R. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 303, 304 y 305.** Delaminación del vidrio por contracción de la cola de esturión. Beva® 371: cuarteado y deformación. Beva® 371: cuarteado, blanqueo y deformación.
- **Fig. 306.** Gráfico coordenadas cromáticas L* a* b* de los polímeros antes del envejecimiento acelerado (Grupo 0). Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 307.** Gráfico coordenadas cromáticas L* a* b* polímeros tras envejecimiento tipo A (termohigrométrico). Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 308.** Gráfico coordenadas cromáticas L* a* b* polímeros tras envejecimiento tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo). Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 309.** Gráfico Media aritmética y desviación estándar (σ) índice de amarilleo (YI), antes (Patrón: 0) y después del envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y B (termohigrométrico y fotooxidativo).
- **Fig. 310.** Gráficos de caja y bigotes distribución YI muestras 0, A y B. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 311.** Gráfico diferencia total de color ΔE^* y desviación estándar (σ) tras envejecimiento A (termohigrométrico) y B (termohigrométrico y fotooxidativo). Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 312, 313, 314 y 315.** Curvas reflectancia difusa JunFunori®, Aquazol® 200, Beva® 371, Aquazol® 500 antes (Patrón: 0) y tras envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y B (termohigrométrico y fotooxidativo). Gráficos y diseño: M^a T. P.
- **Fig. 316.** Índice de amarilleo YI y diferencia total de color ΔE^* (DE) tras el envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y B (termohigrométrico y fotooxidativo). Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 317.** Gráfico Brillo (GU) a 60° y desviación estándar (σ) Grupo 0 o Patrón.
- **Fig. 318.** Media aritmética Brillo (GU) a 20° y desviación estándar (σ) Grupo 0 o Patrón. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 319.** Brillo 60° (GU) inicial (A y B) y tras envejecimiento AE (A: termohigrométrico) y BE (B: termohigrométrico y fotooxidativo). Gráfico: M^a T. P. V.
- **Fig. 320.** Brillo 20° (GU) inicial (A y B) y tras envejecimiento AE (A: termohigrométrico) y BE (B: termohigrométrico y fotooxidativo). Gráfico: M^a T. P. V.
- **Fig. 321.** pH polímeros antes y después del envejecimiento termohigrométrico (AE) y fotooxidativo y termohigrométrico (BE). Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 322.** Gráfico Módulo E y desviación estándar (σ) antes y después del envejecimiento. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 323.** Fluencia 10%. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 324.** Fluencia 10%. Curvas esfuerzo-deformación de la Tylose MH 300P. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 325.** PA, KL y FLU. Esfuerzo a fluencia pendiente 0% (ETF0) y deformación a fluencia 0% (DTF0) inicial y tras envejecimiento HUM (Tipo A: Termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: Fotooxidativo y termohigrométrico). Gráfico: M^a T. Pastor Valls.

- **Fig. 326.** A2 y A5. Esfuerzo a fluencia pendiente 0% (ETF0) y deformación a fluencia 0% (DTF0) inicial y tras envejecimiento HUM (Tipo A: Termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: Fotooxidativo y termohigrométrico). Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 327.** FU, JU, PV, MHEC, PLE, PLEX, AC, BE Y MOW. Esfuerzo a fluencia 10% (ETF10) y deformación a fluencia 10% (DTF10) inicial. Gráfico: M^a T. P. V.
- **Fig. 328.** PV, PLE. Esfuerzo a fluencia 10% (ETF10) y deformación a fluencia 10% (DTF10) inicial y tras envejecimiento HUM (Tipo A: Termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: Fotooxidativo y termohigrométrico). Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 329.** PLEXT, AC, BE y MOW. Esfuerzo a fluencia 10% (ETF10) y deformación a fluencia 10% (DTF10) inicial y tras envejecimiento HUM (Tipo A: Termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: Fotooxidativo y termohigrométrico). Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 330.** FU, JU y MHEC. Esfuerzo a fluencia 10% (ETF10) y deformación a fluencia 10% (DTF10) inicial y tras envejecimiento HUM (Tipo A: Termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: Fotooxidativo y termohigrométrico). Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 331.** Punto de rotura muestras. Esfuerzo por tracción a rotura (ETRO) y deformación por tracción a rotura (DTR) antes del envejecimiento. Gráfico: M^a T. P.
- **Fig. 332.** JU, MHEC, CE Y GE. Esfuerzo (ETR) y deformación (DTR) en el punto de rotura inicial y tras envejecer HUM (Tipo A: termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: fotooxidativo y termohigrométrico).
- **Fig. 333.** Curva carga-deformación Gelatina tipo B antes y después de envejecer. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 334.** Curva carga-deformación cola de esturión antes y después de envejecer. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 335.** Curva carga-deformación Tylose® MH 300P antes y después de envejecer. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 336.** Curva carga-deformación JunFunori® antes y después de envejecer. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 337.** Curva carga-deformación Paraloid® B72 antes y después de envejecer. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 338.** PA Y BE. Esfuerzo (ETR) y deformación (DTR) en el punto de rotura inicial y tras envejecer HUM (Tipo A: termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: fotooxidativo y termohigrométrico).
- **Fig. 339.** FU, PV Y KL. Esfuerzo (ETR) y deformación (DTR) en el punto de rotura inicial y tras envejecer HUM (Tipo A: termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: fotooxidativo y termohigrométrico).
- **Fig. 340.** Curva carga-deformación funori antes y después de envejecer. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 341.** FU Y PV. Esfuerzo (ETR) y deformación (DTR) en el punto de rotura inicial y tras envejecer HUM (Tipo A: termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: fotooxidativo y termohigrométrico).
- **Fig. 342.** Curva carga-deformación Gelvatol® antes y después de envejecer. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 343.** Curva carga-deformación Klucel® G antes y después de envejecer. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.

- **Fig. 344.** PLE, PLEX Y AC. Esfuerzo (ETR) y deformación (DTRA) en el punto de rotura inicial y tras envejecer HUM (Tipo A: termohigrométrico) y LUZ (Tipo B: fotooxidativo y termohigrométrico).
- **Fig. 345.** Curva carga-deformación Plexisol® P550 antes y después de envejecer. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 346.** Curva carga-deformación Acril® 33 antes y después de envejecer. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 347.** Curva carga-deformación Plectol® B500 antes y después de envejecer. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 348.** BE. Esfuerzo (ETR) y deformación (DTR) en punto rotura antes y tras envejecer HUM (Tipo A) y LUZ (Tipo B).
- **Fig. 349.** Curva carga-deformación Beva® 371 antes y después de envejecer. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 350.** A2, A5, FLU y MOW. Esfuerzo (ETR) y deformación (DTR) en el punto de rotura inicial y tras envejecer HUM (Tipo A) y LUZ (Tipo B).
- **Fig. 351.** Curva carga-deformación Aquazol® 200 antes y después de envejecer. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 352.** Curva carga-deformación Aquazol® 500 antes y después de envejecer. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 353.** Curva carga-deformación Fluoline® HY antes y después de envejecer. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 354.** Curva carga-deformación Mowilith® SDM5 antes y después de envejecer. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 355.** Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo) Gelatina tipo B. Gráfico: M^a T. Pastor V.
- **Fig. 356.** Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo) Cola de esturión. Gráfico: M^a T. Pastor V.
- **Fig. 357.** Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo) Tylose® MH 300P. Gráfico: M^a T. P. V.
- **Fig. 358.** Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo) Paraloid® B72. Gráfico: M^a T. Pastor V.
- **Fig. 359.** Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo) JunFunori®. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 360.** Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo) Funori. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 361.** Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo) Gelvatol®. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 362.** Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo) Klucel® G. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 363.** Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo) Plexisol® P550. Gráfico: M^a T. Pastor V.
- **Fig. 364.** Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo) Aquazol® 200. Gráfico: M^a T. Pastor V.
- **Fig. 365.** Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo) Aquazol® 500. Gráfico: M^a T. Pastor V.

- **Fig. 366.** Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo) Acril® 33. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 367.** Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo) Plextol® B500. Gráfico: M^a T. Pastor V.
- **Fig. 368.** Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo) Beva® 371. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 369.** Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo) Fluoline® HY. Gráfico: M^a T. Pastor V.
- **Fig. 370.** Gráfico datos y estabilidad al envejecimiento tipo A (termohigrométrico) y tipo B (termohigrométrico y fotooxidativo) Mowilith® SDM5. Gráfico: Pastor Valls.

Capítulo 9:

- **Fig. 371.** Adhesivo y sustratos. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 272.** Tipos de fallo en uniones adhesivas. Fuente: VV.AA.¹³⁰⁵. Diseño: M^a T.P.
- **Fig. 273.** Ensayo de adherencia por tracción en recubrimientos pictóricos. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 374.** Detalle El màgic tanca un cercle antes de la intervención. Enric Solbes, óleo y vinílico sobre lienzo, 130 x 97 cm. Ajuntament de Canals. Intervenida por el IVC+R. Foto: M^a.T. Pastor Valls.
- **Fig. 375.** Sección transversal capa pictórica microscopía óptica con luz incandescente. Análisis (FTIR): 1 (vinílico, azul ultramar, blanco de titanio y barita), 2 (óleo, colorante orgánico, calcita, blanco titanio y barita), 3 (vinílico, azul ultramar, blanco de titanio y barita) y 4 (óleo, colorante orgánico, calcita, blanco titanio y barita).IVC+R. Foto: Livio Ferrazza, David Juanes Barber y Ana Ramírez Angulo.Preparación de muestras de adhesivos y consolidantes. Foto: M^a T. P. V.
- **Fig. 376.** Muestras pintadas Grupo 0 y soporte textil muestras Grupo A y B. Fotos: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 377.** Pintura Acualux® Titan. Película pictórica vinílica seca y suelta muestras Grupo A y B. Fotos: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 378.** PVAc estructura química y solubilidad (Triángulo Teas. Programa TriSolv. Coladonato y Scarpitti. ISCR)¹³⁰⁶.
- **Fig. 379.** Punto de rotura curvas carga-deformación Aquazol® 500, Acril® 33, Plextol® B500 y film Aqualux® Blanco (11 meses), antes y tras el envejecimiento tipo A y B.
- **Fig. 380.** Plextol® B500, Acril® 33 y Aquazol® 500. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 381.** Muestras Adhesión bajo peso. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 382.** Muestras en el interior de la cámara climática Weiss. Instalaciones ITC. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 383.** Espectrofotómetro Konica Minolta CM-700d. IVC+R. Foto: M^a T. P. V.

¹³⁰⁵Cfr. Fuente: VV.AA. *Op. cit.*, p. 20.

¹³⁰⁶Cfr. ISCR. *TriSolv. Triangolo Interattivo dei solventi e delle solubilità*©. [En línea]. Proyecto desarrollado por: Maurizio Coladonato y Paolo Scarpitti. ISCR. MIBAC. <www.iscr.beniculturali.it>. [Consulta: 10/01/12].

- **Fig. 384.** Detalle muestras y báscula BEL durante el pesado de una muestra. IVC+R. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 385.** Esquema muestras test de tracción. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 386, 387 y 388.** Detalle curado y montaje muestras. Detalle ensayo de tracción. Fotos: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 389.** Medición de píxeles en muestras del Grupo Adhesión para la evaluación del porcentaje del tipo de rotura. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 390.** Coordenadas L*a*b* muestras adhesión. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 391.** Brillo 60º muestras antes y tras la adhesión. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 392.** Muestras adhesión: Grupo 0 (10 –50 PLEX). Foto: M^a T. P. V.
- **Fig. 393.** Muestras adhesión: Grupo A (6A-10A PLEX). Foto: M^a T. P. V.
- **Fig. 394.** Muestras adhesión: Grupo 0 (10 AC-50AC). Foto: M^a T. P. V.
- **Fig. 395.** Muestras adhesión: Grupo A (21-25 A AC). Foto: M^a T. P. V.
- **Fig. 396.** Muestras adhesión: Grupo 0 (10- 50 A5). Foto: M^a T. P. V.
- **Fig. 397.** Muestras adhesión: Grupo A (36-40 AA5). Foto: M^a T. P. V.
- **Fig. 398.** Ejemplo curva arranque tracción muestra 39AA5, 40AA5 y muestra patrón (pintura vinílica sobre tela). Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 399.** Plextol® B500, Acril® 33 y Aquazol® 500. Tensión de rotura inicial en función de la masa del adhesivo. Gráfico: David Juanes Barber.
- **Fig. 400.** Plextol® B500. Tensión de rotura en función de la masa del adhesivo. Gráfico: David Juanes Barber.
- **Fig. 401.** Acril® 33. Tensión de rotura en función de la masa del adhesivo. Gráfico: David Juanes Barber.
- **Fig. 402.** Aquazol® 500. Tensión de rotura en función de la masa del adhesivo. Gráfico: David Juanes Barber.
- **Fig. 403.** % naturaleza de la rotura antes y después del envejecimiento de las muestras. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 404.** Esquema tipos de rotura muestras. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 405.** Ensayo de corte por enrejado y pelado a 60º. Diseño: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 406.** Consolidante y sustratos. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 407.** Detalle empapelado obras de Peris y Alemany. Intervenida en el IVC+R. Foto: Ana Pellicer Barea.
- **Fig. 408.** Detalle consolidación obras de Peris y Alemany. Intervenida en el IVC+R. Foto: Ana Pellicer Barea.
- **Fig. 409 y 410.** Elaboración de muestras y aplicador de capa. Fotos: M^a T. P. V.
- **Fig. 411 y 412.** Algodón. 10X. Identificación de las fibras de la retorta fina y loneta empleadas en las probetas. Foto: Livio Ferrazza.
- **Fig. 413.** Muestras consolidación. Fotos: M^a T. P. V.
- **Fig. 414.** Conrayt® 2003 y 2011. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 415.** Punto de rotura Conrayt 03 y 11, Aquazol® 200 (A2), Gelvatol® (PV), Funori® (FU). Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 416.** Adhesivos aplicados: Aquazol® 200, Gelvatol® y Funori. Fotos: M^a T. P.

- **Fig. 417.** Aplicación de los consolidantes con nebulizador por ultrasonidos ZFB®. Fotos: M^a T. P. V.
- **Fig. 418.** Muestras de prueba aplicación gota consolidante y secado. Foto: M^a T.P.
- **Fig. 419, 420, 421 y 422.** Esquema pelado 90°. General y detalle sentado cinta con goma de borrar. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 423.** Muestras y montaje en Rampa de pelado 90°. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 424.** Gráfico de pelado y esquema subdivisión tramos de la muestra. Gráfico y foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 425.** Muestras consolidación. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 426.** Medición de píxeles en muestras del Grupo Consolidación para la evaluación del porcentaje del tipo de rotura. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 427.** Muestras azules. Representación 3D media coordenadas L*, a*, b* muestras no consolidadas envejecidas (AA y AB), y consolidadas antes (0) y envejecidas A y B.
- **Fig. 428.** Blanco. Representación 3D media aritmética L*, a* y b*, muestras no consolidadas envejecidas (BB y BA), y consolidadas antes (0) y tras envejecimiento A y B. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 429.** Brillo 85° muestras azules inicio, antes de consolidar y tras envejecimiento A y B. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 430.** Brillo 85° muestras blancas inicio, antes de consolidar y tras envejecimiento A y B. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 431.** Imagen SEM (3001x) muestra vinílica blanco titanio antes de consolidar. Foto: David Juanes Barber.
- **Fig. 432.** Imagen SEM (1804x) muestra vinílica azul ultramar antes de consolidar. Foto: David Juanes Barber.
- **Fig. 433.** Ej. gráfico de pelado muestra azul. Gráfico: M^a T. Pastor Valls
- **Fig. 434.** Azul ultramar. Cintas de pelado y muestras patrón (sin consolidar) y consolidadas sin envejecimiento 0: FU, A2 y PV. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 435.** Azul ultramar. Cintas de pelado y muestras consolidadas envejecimiento tipo A y B: FU, A2 y PV. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 436, 437 y 438.** Gelvatol®, funori y Aquazol® 200. Gráficas escalera esfuerzo de pelado a 90° (N) por tramos (10-135 mm), muestras consolidadas (0) y envejecidas (A y B). Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 439.** Media esfuerzo pelado 90°, muestras no tratadas (*) y consolidadas no envejecidas (0) y envejecidas tipo A y B. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 440.** Ej. gráfica de pelado a 90° muestra blanca. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 441.** Blanco titanio. Cintas de pelado y muestras patrón (sin consolidar) y consolidadas sin envejecimiento 0: FU, A2 y PV. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 442.** Blanco titanio. Cintas de pelado y muestras consolidadas envejecimiento tipo A y B: FU, A2 y PV. Foto: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 443, 444 y 445.** Gelvatol®, funori y Aquazol® 200. Gráficas escalera esfuerzo de pelado a 90° (N) por tramos (10-135 mm), muestras consolidadas (0) y envejecidas (A y B). Gráfico: M^a T. Pastor Valls.
- **Fig. 446.** Media esfuerzo de pelado 90° muestras blanco titanio inicio, tras consolidación y envejecimiento A y B. Gráfico: M^a T. Pastor Valls.

11.2. RELACIÓN DE TABLAS:

Capítulo 2:

- **Tabla. 1.** Localización de fuentes bibliográficas. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 2.** Metodología estudio de obras. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 3.** Procedencia obras estudiadas (2005-2008). Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 4.** Esquema general del planteamiento fase experimental. Tabla: M^a T. P.
- **Tabla. 5.** Esquema materiales y métodos de análisis utilizados. Tabla: M^a T. P. V.

Capítulo 3:

- **Tabla. 6.** Principales pigmentos inorgánicos en pintura contemporánea según Learner *Et al.*¹³⁰⁷. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 7.** Principales pigmentos orgánicos 2^a ½ s. XIX y s. XX. Learner *Et al.*¹³⁰⁸. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 8.** Introducción resinas sintéticas según T. Learner¹³⁰⁹. Tabla: T. Pastor V.
- **Tabla. 9.** Pinturas sintéticas para artistas según Learner¹³¹⁰. Tabla: M^a T. Pastor V.

Capítulo 4:

- **Tabla. 10.** Interrelación de factores de alteración internos y externos. Tabla: M^a T. Pastor Valls.

Capítulo 5:

- **Tabla. 11.** Clasificación de polímeros según la junta adhesiva. Fuente: VV.AA *et al.*¹³¹¹. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 12.** Polímeros empleados en estabilización de pintura actual según su composición. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 13.** Origen y aspecto de distintas colas. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 14.** Tipos de éteres de celulosa. Fuente: Borgioli y Cremonesi¹³¹². Tabla: M^a T. P.
- **Tabla. 15.** Polímeros sintéticos en estabilización. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 16.** Derivados del polivinilo. Nombres comerciales y fabricantes. Fuente: Borgioli y Cremonesi¹³¹³. Tabla: M^a T. Pastor Valls.

¹³⁰⁷ LEARNER, T. *Analysis of Modern Paints*. Los Ángeles: GCI, 2004, pp. 25-26. <http://goya.fmc.cie.uva.es/Pigmentos/>. [Consulta: 14/02/10]. PRIETO-COLORADO, FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, GONZÁLEZ-REBOLLO. *Goya: base de datos de pigmentos*. [En línea]. <<http://goya.fmc.cie.uva.es/Pigmentos/>>. Departamento de Física de la Materia Condensada, Cristalografía y Mineralogía, UVA. [Consulta: 14/02/10].

¹³⁰⁸ *Ibidem*.

¹³⁰⁹ *Ibid.*, pp. 1-3.

¹³¹⁰ *Ibid.*, CROOK, J., LEARNER, T. *The impact of modern paints*. London: Tate Gallery, 2000, pp. 12-31.

¹³¹¹ VV.AA. *Op. cit.* BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*

¹³¹² Fuente: BORGIOI, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 159.

- **Tabla. 17.** Marcas de PVAc y Tg. Fuente: Borgioli y Cremonesi¹³¹⁴. Tabla: M^a T. P.
- **Tabla. 18.** Tipos de PVAI. Fuente: Horie¹³¹⁵. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 19.** Composición copolímeros vinílicos sólidos según Borgioli, Cremonesi y Horie¹³¹⁶. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 20.** Composición de productos a base de EVA, según Borgioli y Cremonesi¹³¹⁷. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 21.** Composición y propiedades de copolímeros vinílicos en dispersión según Borgioli y Cremonesi¹³¹⁸. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 22.** Composición y propiedades de algunas resinas acrílicas sólidas (s) y en dispersión (d) empleadas en estabilización de pintura actual. Cremonesi y Borgioli¹³¹⁹. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 23.** Propiedades del Aquazol® frente a otros adhesivos acuosos. Fuente: CTS¹³²⁰. Tabla: M^a T. Pastor Valls.

Capítulo 6:

- **Tabla. 24.** Grado de mojabilidad de algunas sustancias adhesivas. Fuente: Martín y Martín¹³²¹. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 25.** Tensión superficial disolventes y polímeros. Fuente: San Andrés *et al.*¹³²². Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 26.** Viscosidad de algunos productos. Fuente: Michalski¹³²³. Tabla: M^a T. P. V
- **Tabla. 27.** Grado de viscosidad de las sustancias empleadas. Fuente: Martín y Martín¹³²⁴. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 28.** Influencia del ángulo de contacto, según Cremonesi¹³²⁵. Tabla: M^a T. P. V
- **Tabla. 29.** Tamaño de partículas, poros y presión de capilaridad, según Michalski¹³²⁶. Tabla: M^a T. Pastor Valls.

¹³¹³ *Ibid.*, pp. 81-130.

¹³¹⁴ *Ibidem.*

¹³¹⁵ HORIE, C.V. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*. 2nd Edition. London: Butterworth, Heinemann, 2010.

¹³¹⁶ BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 81-130. *Ibid.*, p. 101.

¹³¹⁷ *Ibid.*, p. 98.

¹³¹⁸ *Ibid.*, p. 96.

¹³¹⁹ *Ibid.*, pp. 123-127. Cfr. CAMEO. Fuente: "Physical Properties for Selected Thermoplastic Resins". CAMEO ©2007 Museum of Fine Arts, Boston. [En línea]. <<http://cameo.mfa.org>>. [Consulta: 03/06/08].

¹³²⁰ Cfr. CTS. "Aquazol: un polimero idrosolubile". *Bollettino*. [En línea]. C.T.S Italia. <www.ctseurope.com>. [Consulta: 21/08/09].

¹³²¹ MARTÍN MARTÍNEZ, J. M., MARTÍN REY, S. *Op. cit.*, p. 52.

¹³²² SAN ANDRÉS MOYA, M., DE LA VIÑA FERRER, S. *Fundamentos de química y física para la conservación y restauración*. Madrid: Síntesis, 2004, pp. 293 y 294. MASSCHELEIN-KLEINER, L. *Liants, vernis et adhésifs anciens*. Bruselas: KIK-IRPA, 1983, p. 9.

¹³²³ MICHALSKI, S. *Op. cit.*, pp. 30, 35.

¹³²⁴ *Ibidem.* MARTÍN MARTÍNEZ, J. M., MARTÍN REY, S. *Op. cit.*, p. 83.

¹³²⁵ Cremonesi. Curso sobre la realización de geles con agua y disolventes. 7/02/2008. Cesmar7. [En línea]. <www.cesmar7.it>. [Consulta: 22/04/2008].

- **Fig. 30.** Dimensión partículas polímeros, según CTS, Borgioli y Cremonesi¹³²⁷. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 31.** Tamaño de partículas nebulizador, spray o nebulizador neumático, según Dignard y Michalski¹³²⁸. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 32.** Parámetros que afectan a la volatilidad. Fuente: Masschelein-Kleiner¹³²⁹. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 33.** Tasa de evaporación, viscosidad y su producto según Michalski¹³³⁰. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 34.** Tipos de dispersiones según el estado físico de la fase dispersa y el medio. Fuente: San Andrés, *et al.*¹³³¹. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 35.** Tg de algunos polímeros. Borgioli, Cremonesi *et al.*¹³³². Tabla: M^a T. P.
- **Tabla. 36.** Relación entre estructura y propiedades físico-mecánicas del polímero, según Gómez¹³³³. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 37.** Posible estado de los polímeros según su Tg (Borgioli y Cremonesi)¹³³⁴. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 38.** Relación entre la estructura del polímero y sus propiedades químicas, según M^a L. Gómez¹³³⁵. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 39.** Clasificación estabilidad de polímeros según Feller¹³³⁶. Tabla: M^a T. P.

Capítulo 7:

- **Tabla. 40.** % adhesivos aplicados en intervenciones de adhesión según fuentes bibliográficas. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 41.** Tamaño de partículas. D&M¹³³⁷. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 42.** Ej. % consolidantes según bibliografía. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 43.** % nebulización ultrasonidos. Tabla: M^a T. Pastor Valls.

¹³²⁶ MICHALSKI, S. *Op. cit.*, p. 30.

¹³²⁷ BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp.78-178. Cfr. CTS. <www.ctseurope.com>. C.T.S. S.r.l. Italia.

¹³²⁸ DIGNARD, C., MICHALSKI, S. "Consolidation of powdery paint using the ultrasonic mister". [En línea]. *CCI in Action*. Ottawa: Canadian Conservation Institute (CCI), 1993. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 02/02/05].

¹³²⁹ MASSCHELEIN-KLEINER. *Les solvants...*, *Op. cit.*, p. 35.

¹³³⁰ MICHALSKI, S. *Op. cit.*, pp. 35-47.

¹³³¹ SAN ANDRÉS MOYA, M., DE LA VIÑA FERRER, S. *Op. cit.*, p. 90-92. MASSCHELEIN-KLEINER, L. *Op. cit.*, p. 7. BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, pp. 18-37.

¹³³² *Ibid.*, pp. 67-70. WOLBERS, R. *Op. cit.*, pp. 115-116. Cfr. COLOMBO, A. "La Calorimetria a Scansione Differenziale (DSC)". *L'attenzione alle superfici pittoriche. Congresso CESMAR7*. Milano 2006. Saonara: Il Prato, 2008, p. 125.

¹³³³ GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 343.

¹³³⁴ BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Op. cit.*, p. 20.

¹³³⁵ GÓMEZ, M^a L. *Op. cit.*, p. 343.

¹³³⁶ FELLER, R.L. *Accelerated aging. Photochemical and thermal aspects*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 1994.

¹³³⁷ DIGNARD, C., MICHALSKI, S. *Op. cit.*

- **Tabla. 44.** Consolidante: parámetros a valorar. Fuente: Hansen, Lowinger y Pataki¹³³⁸. Tabla: M^a T. Pastor Valls.

Capítulo 8:

- **Tabla. 45.** Color y λ ¹³³⁹. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 46.** Coordenadas cromáticas colores primarios XYZ¹³⁴⁰. Tabla: Pastor Valls.
- **Tabla. 47.** Luminosidad, tonalidad e intensidad o croma¹³⁴¹. Tabla: Pastor Valls.
- **Tabla 48.** $a^* b^* L^*$ ¹³⁴². Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 49.** Clasificación % brillo especular 60°. Elías y Sindaco¹³⁴³. Tabla: M^a T. P.
- **Tabla. 50.** Naturaleza y preparación de los polímeros seleccionados. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 51.** Ciclos envejecimiento Tipo A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 52.** Observaciones visuales formación y envejecimiento acelerado films polímeros. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla 53.** Coordenadas cromáticas Grupo 0 polímeros antes del envejecimiento acelerado. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 54.** Media aritmética coordenadas cromáticas y desviación estándar (σ) envejecimiento tipo A. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 55.** Media aritmética coordenadas cromáticas y desviación estándar (σ) envejecimiento tipo B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 56.** Tendencia color coordenadas $L^* a^* b^*$ tras el envejecimiento A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 57.** Índice de amarilleo (YI) muestras polímeros antes (0) y tras envejecimiento tipo A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 58.** Media aritmética índice de amarilleo (YI) y desviación estándar (σ) muestras antes y tras envejecimiento tipo A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 59.** Diferencia absoluta y relativa % índice amarilleo (YI) patrón y muestras envejecidas ordenadas de menor a mayor. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 60.** Clasificación creciente polímeros según el YI patrón y de muestras envejecimiento A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.

¹³³⁸ Cfr. HANSEN, E. F., LOWINGER, R. "Materials and Methods for Consolidating Paint on Ethnographic Objects". [En línea]. *WAAC Newsletter*, vol. 13, nº. 1, junio. Los Ángeles: WAAC, 1991. <<http://palimpsest.stanford.edu>>. [Consulta: 27/01/05]. PATAKI, A. Apuntes curso "Adhesivos aplicados a la restauración de papel". Valencia: IVC+R, 10/2007.

¹³³⁹ LLUSAR, M., et al. "Colorimetría". *El color de la cerámica: nuevos mecanismos en pigmentos para los nuevos procesados de la industria cerámica*. Castellón: Publicaciones de la UJI, 2003, pp. 43-45. Cfr. ESPECTROMETRIA.COM. Búsqueda: espectroscopía UV-VIS. [En línea]. ©Espectrometria.com 2010. <www.espectrometria.com>. [Consulta 21/05/10].

¹³⁴⁰ *Ibidem*.

¹³⁴¹ *Ibid*.

¹³⁴² *Ibid*.

¹³⁴³ ELIAS, M., SINDACO, C. "Le refixage et la consolidation des peintures non vernies. Une collaboration entre scientifique et restaurateur". *Support/Tracé*, nº 6. Paris: ARSAG, 2006, p. 88.

- **Tabla. 61.** Diferencia de color (ΔE^*) tras envejecimiento A y B. Tabla: M^a T. P. V.
- **Tabla. 62.** Media aritmética y desviación estándar (σ) diferencia total de color ΔE^* muestras antes y tras envejecimiento tipo A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 63.** Clasificación creciente polímeros $\Delta E^* < 2$ según envejecimiento A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 64.** Media aritmética brillo 60° y 20° (GU) y desviación estándar (σ). Patrón. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 65.** Clasificación muestras patrón brillo a 60°. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 66.** Brillo 60° y 20°, y desviación estándar (σ) polímeros antes y tras envejecimiento A (termohigrométrico) y B (termohigrométrico y fotooxidativo). Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 67.** Diferencia absoluta (clasificación) y relativa % brillo 60°/20° antes y después envejecimiento A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 68.** Media pH superficie polímeros antes y después del envejecimiento tipo A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 69.** Diferencia absoluta (clasificación) y relativa % pH inicial y tras envejecimiento tipo A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 70.** Clasificación polímeros según rango de pH entre 5,5 y 8. Tabla: M^a T. P.
- **Tabla. 71.** Grosor medio films polímeros muestras envejecimiento 0, y envejecimientos Tipo A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 72.** Clasificación decreciente Módulo E, desviación estándar (σ) y tipo de envejecimiento tipo A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 73.** Diferencia absoluta (clasificación) y relativa % Módulo E inicial y envejecimiento A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 74.** Esfuerzo (ETF0), deformación (DTF0) a fluencia 0% y desviación estándar (σ), antes y después envejecimiento A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 75.** Diferencia absoluta y relativa % esfuerzo a fluencia 0% (ETF0) y deformación a fluencia 0% (DTF0), inicial y tras envejecimiento A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 76.** Esfuerzo (DTF10), deformación (ETF10) a fluencia 10% y desviación estándar (σ), antes y después del envejecimiento A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 77.** Diferencia absoluta y relativa % esfuerzo-deformación fluencia (ETF10) y (DTF10), inicial y tras envejecimiento A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 78.** Clasificación según diferencia absoluta ETF10 y DTF10, inicial y envejecida. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 79.** Esfuerzo (ETRO/ETRAut), deformación (DTR0/DTRAut) en la rotura y desviación estándar (σ), antes y después envejecimiento A y B. Tabla: M^a T. P. V.
- **Tabla. 80.** % alargamiento a la rotura antes y después del envejecimiento A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 81.** Diferencia absoluta y relativa %. Esfuerzo (ETR), deformación (DTR), inicial y tras envejecimiento A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 82.** Tenacidad (T) antes y después del envejecimiento (E). Tabla: M^a T. P.
- **Tabla. 83.** Tenacidad. Diferencia absoluta y relativa tras envejecimiento A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 84.** Naturaleza y principal función polímeros seleccionados. Tabla: M^a T. P.

- **Tabla. 85.** Clasificación polímeros según valores carga σ y deformación ϵ . Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 86.** Gelatina B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 87.** Cola de esturión. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 88.** Tylose® MH300P. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 89.** Paraloid® B72. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 90.** JunFunori®. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 91.** Funori. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 92.** Gelvatol® (PV). Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 93.** Klucel® G (KL). Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 94.** Plexisol® P550 (PLE). Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 95.** Aquazol® 200 (A2). Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 96.** Aquazol® 500 (A5). Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 97.** Acril® 33. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 98.** Plextol® B500. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 99.** Beva® 371. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 100.** Fluoline® HY. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 101.** Mowliith® SDM5. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 102.** Nomenclatura y naturaleza de la rotura. AENOR¹³⁴⁴. Tabla: M^a T. P. V.
- **Tabla. 103.** Características Aqualux® Blanco Titanio Titan, según el fabricante¹³⁴⁵. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 104.** Características film vinílico Aqualux® blanco titanio nº 800 (junio 2011). Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 105.** Valores promedio y desviación típica (σ) curvas carga-deformación Aqualux® Blanco 800 (junio 2011). Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 106.** Principales ventajas e inconvenientes adhesivos seleccionados (1^a criba). Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 107.** Valores promedio y desviación típica (σ) curvas carga-deformación Aqualux® Blanco 800 y adhesivos seleccionados. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 108.** Adhesivos aplicados. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 109.** Características Aradit® Rápido¹³⁴⁶. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 110.** Grupo 0 y A, sin envejecer. Promedio y desviación típica (σ) cantidad adhesivo y epoxi (Araldite® Rápido). Tabla: M^a T. Pastor Valls.

¹³⁴⁴ AENOR. *Pinturas y Barnices. Ensayo de adherencia por tracción*. UNE-EN ISO 4624. Madrid: AENOR, diciembre 2003, pp. 6-13.

¹³⁴⁵ INDUSTRIAS TITAN. *Ficha datos de seguridad 91/155/CE Aqualux Blanco Satinado Cod. 0920800*. Industrias Titan, S.A. El Prat de Llobregat, Barcelona. [17/07/06].

¹³⁴⁶ Cfr. HUNTSMAN. *Advanced materials*. [En línea]. Copyright © 2001-2011 Huntsman International LLC. <www.huntsman.com>. [Consulta: 24/08/11]. CEYS. *Adhesivos y pegamentos*. [En línea]. Ceys®, S.A. L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona. <www.mundoceys.com>. [Consulta: 24/08/11].

- **Tabla. 111.** Aqualux®. Media y desviación (σ) coordenadas cromáticas L^* , a^* y b^* , tras adhesión. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 112.** Media brillo 60° (GU) y desviación estándar (σ) adhesión. Tabla: M^a T.
- **Tabla. 113.** Muestras Film Aqualux® adherido a tela. Peso adhesivo y epoxi, tensión rotura media, muestras antes (0) y tras envejecimiento tipo A. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 114.** Aqualux® sobre tela. Tensión rotura, media y desviación estándar (σ). Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 115.** Propiedades aglutinante empleado en las probetas¹³⁴⁷. Tabla: M^a T. P.
- **Tabla. 116.** Propiedades pigmentos empleados (Montagna, Gardner, Sward, CTS y Nat. Pigments)¹³⁴⁸. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 117.** Características de las muestras a consolidar. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 118.** Aglutinante Conrayt® adquirido en 2003 y 2011. Grosor film, valores promedio y desviación típica (σ) curvas carga-deformación. Tabla: M^a T. P. V.
- **Tabla. 119.** Principales ventajas e inconvenientes consolidantes seleccionados (1^a criba). Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 120.** Valores promedio y desviación típica (σ) curvas carga-deformación Conrayt® 2003 y consolidantes seleccionados. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 121.** Azul. Consolidante aplicado, promedio y desviación estándar (σ). Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 122.** Blanco. Consolidante aplicado, promedio y desviación estándar (σ). Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 123.** Muestras azules. Promedio y desviación estándar (σ) coordenadas cromáticas L^* , a^* , b^* y diferencias ΔE^* , ΔL^* , ΔH^* , ΔC^* , antes y tras la consolidación y el envejecimiento A y B.
- **Tabla. 125.** Muestras blancas. Promedio y desviación estándar (σ) coordenadas cromáticas L^* , a^* , b^* y diferencias ΔE^* , ΔL^* , Δa^* , Δb^* , antes y tras la consolidación y el envejecimiento A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 126.** Blanco. Media aritmética ΔE^* , ΔL^* , Δa^* y Δb^* , muestras antes y tras envejecimiento A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.

¹³⁴⁷ LABORATORIOS RAYT. *Ficha técnica Látex Extra Brillante Conrayt*. Badalona: Laboratorios Rayt, S.A., 2005. LABORATORIOS RAYT. *Ficha datos de seguridad Látex Extra Brillante Conrayt*. Badalona: Laboratorios Rayt, S.A., 2008, pp. 1-3. Cfr. DOMÉNECH-CARBÓ, SILVA, FUSTER-LÓPEZ, MECKLENBURG, DOMÉNECH, YUSÁ-MARCO. "An Approach to the Physico-Mechanical Changes Induced by UV Artificial Aging of Selected Vynil Adhesives Used in Conservation". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

¹³⁴⁸ MONTAGNA, G. *I Pigmenti. Prontuario per l'arte e il restauro*. Firenze: Nardini Editore, 1993. Fichas 18 y 32. CAMPINS DE CODINA, A. *Tecnología química de los barnices y pinturas*. Barcelona: Ed. Reverté, 1951, p. 127. GARDNER, SWARD. *Testing Manual. Physical and Chemical Examinations of Paints, Varnishes, Lacquers and Colors*. Philadelphia: ASTM, 1972. NATURAL PIGMENTS. ©2005-2011, Natural Pigments. Willits, CA. <www.naturalpigments.com>. [Consulta: 01/07/11]. Cfr. CTS. "Pigmentos puros CTS". [En línea]. CTS Italia. 09/11/07 <www.ctseurope.com>. [Consulta: 19/06/11].

- **Tabla. 127.** Media aritmética brillo 85° (GU) y desviación estándar (σ) muestras azules antes, después de la consolidación y tras el envejecimiento tipo A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 128.** Muestras azules. Diferencia brillo 85° y diferencia relativa % muestras antes y tras el envejecimiento A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 129.** Media aritmética brillo 85° (GU) y desviación estándar (σ) muestras blancas antes, después de la consolidación y tras el envejecimiento tipo A y B. Tabla: M^a T. P.
- **Tabla. 130.** Muestras Blancas. Diferencia brillo 85° y diferencia relativa % muestras antes y tras el envejecimiento A y B. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 131.** Media esfuerzo de pelado 90° (N) por tramos, media total (10-135mm) y desviación típica (σ), muestras azules sin intervenir, intervenidas y envejecidas. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 132.** Azul. Media esfuerzo pelado 90°, diferencia y diferencia relativa muestras no tratadas (*) y consolidadas no envejecidas (0). Tabla: M^a T. P. V.
- **Tabla. 133.** Azul. Media esfuerzo de pelado 90°, diferencia absoluta y relativa entre muestras antes y tras envejecimiento tipo A y tipo B. Tabla: M^a T. P. V.
- **Tabla. 134.** % estimado consolidación muestras antes y tras envejecimiento tipo A y tipo B (tratamiento informático imágenes)¹³⁴⁹. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 135.** Relación peso consolidante - valor esfuerzo pelado 90° muestras azules. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 136.** Media esfuerzo de pelado 90° (N) por tramos, media total (10-135mm) y desviación típica (σ), muestras blancas sin intervenir, intervenidas y envejecidas. Tabla: M^a T. Pastor Valls.
- **Tabla. 137.** Blanco. Media esfuerzo pelado 90°, diferencia y diferencia relativa muestras no tratadas (*) y consolidadas no envejecidas (0). Tabla: M^a T. P. V.
- **Tabla. 138.** Blanco. Media esfuerzo de pelado 90°, diferencia absoluta y relativa entre muestras antes y tras envejecimiento tipo A y tipo B. Tabla: M^a T. P. V.
- **Tabla. 139.** Blanco. % estimado consolidación antes y tras envejecimiento tipo A y tipo B (tratamiento informático imágenes)¹³⁵⁰. Tabla: M^a T. P. V.
- **Tabla. 140.** Relación peso consolidante con valor esfuerzo pelado 90° muestras blancas. Tabla: M^a T. Pastor Valls.

¹³⁴⁹ Al realizar el recuento de píxeles de las imágenes se contabilizaron las zonas con mayor acumulación de pintura como consolidadas, frente a las de cinta a vistas como áreas no consolidadas aunque contienen finas partículas.

¹³⁵⁰ En el recuento de píxeles de las imágenes se contabilizaron las zonas con mayor acumulación de pintura como consolidadas frente a las de cinta a vistas como áreas no consolidadas aunque contienen finas partículas.

11.3. ABREVIATURAS:

- **AIC.** *American Institute for Conservation.*
- **AMV.** Ateneo Mercantil de Valencia.
- **C.** Capítulo.
- **Cfr.** *Confer.* Comparar.
- **CCI.** *Canadian Conservation Institute.*
- **DCRAC IVC+R.** Departamento Conservación Restauración Arte Contemporáneo IVC+R.
- **ESCRBCC.** *Escola Superior Conservació i Restauració de Béns Culturals de Catalunya.*
- **ESCRBCM.** Escuela Superior Conservación y Restauración Bienes Culturales Madrid.
- **Et al.** Y otros.
- **Fig.** Figura (Foto, gráfico o ilustración).
- **GCI.** *Getty Conservation Institute.*
- **Ibid. Ibidem.** igual que la referencia anterior.
- **IIC.** *International Institute for Conservation.*
- **GE-IIC.** Grupo Español *International Institute for Conservation.*
- **IVC+R.** Institut Valencià de Conservació i Restauració de Béns Culturals.
- **JAIC.** *Journal of the American Institute for Conservation.*
- **MACV.** Museu d'Art Contemporani de Vilafamés Vicente Aguilera Cerni.
- **MACBA.** Museu d'Art Contemporani de Barcelona.
- **MCV.** Museo de la Ciudad de Valencia.
- **MG-UV.** Colección Martínez Guerricabeitia-Universidad de Valencia.
- **Op. cit.** (*Opus citatum*). En la obra citada.
- **PVC:** *Pigment Volume Concentration.*
- **POLÍMEROS:** **A2** (Aquazol® 200), **A5** (Aquazol® 500), **AC** (Acril® 33), **BE** (Beva® 371), **CE** (cola de esturión), **FLU** (Fluoline® HY), **FU** (funori), **GE** (gelatina), **JU** (JunFunori®), **KL** (Klucel® G), **MHEC** (Tilose® MH300P), **MOW** (Mowilith® SDM5), **PA** (Paraloid® B72), **PLE** (Plexisol® P550), **PLEX** (Plectol® B500), **PV** (Gelvatol®).
- **SCRC.** Servei Conservació Restauració Béns Mobles Excma. Diputació de Castelló.
- **UNAM.** Universidad Nacional Autónoma de México.
- **UCM.** Universidad Complutense de Madrid.
- **UPV.** Universitat Politècnica de València.
- **UPV.** Universidad del País Vasco.
- **UB.** Universitat de Barcelona.
- **UJI.** Universitat Jaume I.
- **UV.** Universitat de València.
- **VV.AA.** Varios autores.
- **WAAC.** *Western Association for Art Conservation.*



12. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

12. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

A

- ABAD, M. J. “La conservación de una colección privada de arte contemporáneo” *Arte, materiales y conservación*. Madrid: Argenteria, 1998.
- ABDEL-KAREEM, O. “Microbiological testing of Polymers and Resins Used in Conservation of Linen Textiles”. *Proceedings 15th WCNDT*. [En línea]. Roma: AIPnD, 2000. <www.ndt.net/article/wcndt00/papers/idn002/idn002.htm>. [Consulta: 23/04/07].
- ABDEL-MAKSOUND, G. “An Evaluation of Selected Applied Polymers for the Treatment of Parchment”. *Proceedings 15th WCNDT*. [En línea]. Roma: AIPnD, 2000. <www.ultrasonic.de/article/wcndt00/papers/idn003/idn003.htm>. [Consulta: 23/04/07].
- ACCARDO, G., VIGLIANO, G. *Strumentie materiali del restauro. Metodi di analisi, misura e controllo*. Roma: Edizioni Kappa, 1989. Barna.
- AENOR. *Pinturas y barnices. Ensayo de corte por enrejado. Norma UNE-EN ISO 2409*. Madrid: AENOR, 1992.
 - AENOR. *Pinturas y Barnices. Ensayo de adherencia por tracción*. UNE-EN ISO 4624. Madrid: AENOR, diciembre 2003.
 - AENOR. *Pinturas y Barnices. Examen y preparación de las muestras para ensayo*. UNE-EN ISO 1513. Madrid: AENOR, marzo 1996.
 - AENOR. *Pinturas y Barnices. Probetas normalizadas para ensayo*. UNE-EN ISO 1514. Madrid: AENOR, abril 2006.
 - AENOR. *Pinturas y Barnices. Envejecimiento artificial y exposición a radiación artificial. Exposición a la radiación filtrada de una lámpara de arco de xenón*. UNE-EN ISO 11341. Madrid: AENOR, mayo 2005.
 - AENOR. *Pinturas y Barnices. Determinación del espesor de película*. UNE-EN ISO 2808. Madrid: AENOR, mayo 2000.
 - AENOR. *Pinturas y Barnices. Determinación del brillo especular de películas de pintura no metálicas a 20°, 60° y 85°*. UNE-EN ISO 2813. Madrid: AENOR, noviembre 1999.
 - AENOR. *Pinturas y Barnices. Colorimetría*. UNE 48-073-94 (I-III). Madrid: AENOR, junio 1994.
 - AENOR. *Materiales bituminosos y bituminosos modificados. Pinturas y adhesivos. Métodos de ensayo. Envejecimiento acelerado con tubos fluorescentes de luz U.V.* UNE 104281-5-17: 1988. Madrid: AENOR, 12/2003.
 - AENOR. *Adhesivos. Evaluación y preparación de muestras para ensayo*. UNE-EN ISO 1067. Madrid: AENOR, marzo 2006.
 - AENOR. *Adhesivos. Términos y definiciones*. UNE-EN ISO 923. Madrid: AENOR, junio 2006.

- AENOR. *Adhesivos. Determinación del pH*. UNE-EN ISO 1245. Madrid: AENOR, junio 1999.
- AENOR. *Adhesivos. Determinación de la viscosidad*. UNE-EN ISO 12092. Madrid: AENOR, mayo 2002.
- AENOR. *Adhesivos. Ensayo de pelado para una unión encolada de adherente flexible sobre rígido*. Parte: 1. Pelado a 90°. UNE-EN 28510-1. Madrid: AENOR, marzo 1993.
- AENOR. *Adhesivos. Ensayo de pelado para una unión encolada de adherente flexible sobre rígido*. UNE-EN 28510-2. Madrid: AENOR, 12 1995.
- AENOR. *Adhesivos. Determinación de la resistencia al pelado de uniones adhesivas. Método del rodillo móvil*. Madrid: AENOR, febrero 2010.
- AENOR. *Adhesivos para papel y cartón, embalajes y productos sanitarios desechables. Determinación de la resistencia a la tracción y del alargamiento*. UNE-EN ISO 1896. Madrid: AENOR, septiembre 2001.
- AENOR. *Adhesivos para papel y cartón, embalajes y productos sanitarios desechables. Ensayo de pelado en "T" a 180° para una unión encolada de adherente flexible sobre flexible*. UNE-EN ISO 1895. Madrid: AENOR, 04/2002.
- AGUILERA CERNI, V. *Diccionari de l'Art Modern*. Valencia: Ed. UPV, 2001.
- ASLAKSBY, T. "La conservació de la col.lecció d'Eduard Munch: Una història de 50 anys". *Conservació i restauració d'art contemporani. Seminari*. Barcelona: Universitat de Barcelona, 1993.
- ASTM. *Standard Test Method for Viscosity of Resin Solutions*. D 1725-04. © ASTM International. West Conshohocken: ASTM, 2009.
- ALARCÓN, J., CARDA, J., RINCÓN, J.M^a. (Ed.). *Nuevos Productos y Tecnologías de Esmaltes y Pigmentos Cerámicos*. Castellón: Faenza Editrice, 1992.
- ALBERS, J. *La interacción del color*. Madrid: Alianza Forma, 1989.
- ALCARAZ GONZÁLEZ, F. "Técnicas mixtas en el arte contemporáneo y sus peligros". *VII Congreso de Conservación de Bienes Culturales*. Vitoria: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, 1991.
- ALCARAZ GONZÁLEZ, F. "Los nuevos materiales en el arte contemporáneo". *Actas VIII Congreso Conservación Restauración de Bienes Culturales*. Valencia: Generalitat Valenciana, 1990.
- ALCINA FRANCH, J. *Aprender a investigar*. Madrid: Compañía Literaria, 1994.
- ALLEN, K.W. "Adhesion and Adhesives- Some Fundamentals". *Adhesives and Consolidants*. Preprints of the Contributions to the Paris Congress. London: IIC, 1984.
- ALLIATA DI VILAFRANCA, C. *Restauro deri dipinti e tecniche pittoriche. Teoria e procedimenti operativi*. Palermo: Quattrosali, 1997.
- ALONSO QUEVEDO, J. C. *Alonso formulación. Formulación de Química*. [En línea]. <www.alonsoformula.com>. [Consulta: 26/02/08],
- ALTHÖFER, H. *Restaurierung moderner Kunst: (actas) das Düsseldorfer Symposium*. Düsseldorf: Restaurierungszentrum der landeshauptstadt: Schenkung Henkel, 1977.

- ALTHÖFER, H. "La teoría de la restauración de arte contemporáneo". Vitoria: Diputación Foral de Álava, 1993.
- ALTHÖFER, H. "Il restauro delle opere moderna e contemporanea". *Conservare l'arte contemporanea*. Firenze: Nardini Editore, 1992.
- ALTHÖFER, H. Anexo. "Los cuadros "rápidos" de los Nuevos Salvajes". *Restauración de pintura contemporánea*. Madrid: Ed. Akal, Istmo, 2003.
- ALTHÖFER, H. *Restauración de pintura contemporánea*. Madrid: Ediciones Akal, Istmo, 2003.
- ALVEAR ACEVEDO, C. *El mundo Contemporáneo*. México: Jus, 1997.
- AQUALON. "Klucel Website". [En línea]. Aqualon, Hercules 2008. <www.herc.com/aqualon/specialties/products/spec_prod_klucel.html>. [Consulta: 10/10/08].
- AQUALON. "Chemistry of Cellulose Ethers". [En línea]. ©Hercules Incorporated, 2000. <www.herc.com/aqualon/product_data/bro_culm_chemistr.html>. [Consulta: 02/09/09].
- ANABITARTE, A., BLANCO, C. "Temen por seguridad y "salud" de Las Dos Fridas" *El Universal Online*. Jueves 10 de febrero, cultura. México: El Universal, 2005. <www.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota=40287&tabla=Cultura>. [Consulta: 22/02/05].
- AVENDAÑO, C. *Introducción a la química farmacéutica*. Madrid: Interamericana-Mc Graw-Hill, 1993.
- ARREGUÍ PRADAS, R. "El arte contemporáneo discute en torno al paisaje urbano". *PH, Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*. Nº 47, febrero. Sevilla: Aturen-CEDEPA, S.L, 2004.
- ARRIANDIAGA ABAROA, Mª V. "Adhesivos sintéticos: riesgo higiénico de resinas y otros componentes". *Tecnología adhesivos*. Noviembre-diciembre. 2005. [En línea]. <www.alfa-editores.com>. [Consulta: 24/05/09].
- ARSLANOGLU, J. "Evaluation of the use of Aquazol as an adhesive in painting conservation". *WAAC Newsletter*. Vol. 25, nº 2, 2003.
- ARSLANOGLU, J. "Aquazol as used in conservation practice". *WAAC Newsletter*. Vol. 26, nº 1, 2004.
- ARSLANOGLU, J. "Using Aquazol: A Brief Summary". *AIC Painting Specialty Group Postprints. Portland, Oregon, June 9-14, 2004*. Vol. 17. Oregon: AIC, 2005.
- ART CONSERVATION SERVICES OF SARASOTA©. [En línea]. <www.art-conservation-sarasota.com/roquesgallery/article.nhtml?uid=10004>. Sarasota: Art Conservation Services, 2005 [Consulta: 26/05/08].
- ARTEUNIVERSAL. "Compendio del arte moderno y contemporáneo". *Arteuniversal*. [En línea]. 1997-2007. <www.artuniversal.com/estilos+ismos+movimientos/index.php>. [Consulta: 01/05/07].
- ATSDR. "Cloruro de vinilo". [En línea]. Agency for Toxic Substances & Disease Resistry. Atlanta: Gobierno USA. <www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts20.html>. [Consulta: 05/09/09].

- ASTM. *Standard Practices for Resistance of Adhesives to Cyclic Laboratory Aging Conditions*. ASTM D1183-03. Copyright © ASTM International, West Conshohocken, United States, 2010.
- ASTM. *Standard Practice for Exposure of Adhesive Specimens to Artificial Light*. ASTM D904-99 (Reapproved 2008). Copyright © ASTM International, West Conshohocken, United States, 2010.

B

- BAAL-TESHUVA, J. *Rothko*. Colonia: Taschen, 2003.
- BADER, E., HEYDENREICH, G. "The conservation of the Eat Art Multiple Candy-Akkumulation aus Marzipanbeinen by Arman: A Case Study". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].
- BAGAN PÉREZ, R. "El ciclo dodecà i les seves aplicacions en conservació-restauració". *Unicum*. N^o 7, mayo 2008. Barcelona: ESCRBCC, 2008.
- BAINBRIDGE. "Making BEVA® 371 Hot-Melt Glue Sticks". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].
- BALART GIMENO, R. *Introducción al Comportamiento Mecánico de los Materiales Plásticos*. Polimedia. [En línea]. Dpto. Ingeniería Mecánica y de Materiales. Escuela Politécnica Superior de Alcoy. Universidad Politécnica de Valencia. 2008-04-14. <<http://hdl.handle.net/10251/1208>>. [Consulta: 03/01/12].
- BALUST, L., ALCÁNTARA, G. "Restauració d'una mortalla egípcia. Examen organolèptic i procés de restauració". *Unicum*. Barcelona: ACARC, 2002.
- BARCILON, B., GALLONE, G. "Some cases of colour alteration in white paintings of Lucio Fontana". *8th Triennial meeting Sydney*, Australia. Los Angeles: ICOM-Getty Conservation Institute, 1987.
- BARKER, R. "The relationship between artist, conservator and artist". *Conservation News*. Vol. 72, julio. London: UK ICHAW, 2000.
- BARRERA BUCIO, M. *Estudio experimental del comportamiento hidro-mecánico de suelos colapsables*. [Tesis en línea]. Barcelona: UPC, 2002. <<http://www.tesisenred.net/TDX-0604102-095524>>. [Consulta: 23/03/09].
- BARROS GARCÍA, J.M. *Objetivos y límites en la limpieza de estructuras pictóricas*. Tesis doctoral inédita. Facultad BB.AA. UPV, 1999.
- BARUKI, S. "Consolidation of mould and water damaged silver gelatine photographic prints: consolidator application using a nebuliser". *Annals of the 11th ABRACOR Meeting*. Rio de Janeiro: Brazilian Association of Conservators-Restorers of Cultural Goods-Barbosa Foundation, 2002.
- BECK, J., DALEY, M. *La restauración de obras de arte*. Barcelona: Ed. Serbal, 2001.
- BEERKENS, L. "Modern metals in contemporary art: new conservation issues". *Metals: conservation et recherché*. Bruselas: IRPA-Restauradores sin fronteras, 2004.

- BELT IBERICA. <www.belt.es/noticias/2005/septiembre/07/museo.asp>. Madrid: Copyright Belt Iberica, 2004. [Consulta: 05/08/08]. Wikipedia®, *Op. cit.* <http://es.wikipedia.org/wiki/Roy_Lichtenstein>. [Consulta: 08/08/08].
- BENEFORTI. "Aqazol, un polimero dalle interessanti proprietà che lo propongo come versatile fissativo e consolidante". *Beneforti*. [En línea]. 11/03/07. Beneforti.it©. <www.beneforti.it>. [Consulta: 19/10/08].
- BERGEON, S. *Science et patience, ou la restauration des peintures*. Paris: Ministère de la Culture, de la Communication, des Grands Travaux et du Bicentenaire. Editions de la Réunion des Musées Nationaux, 1990.
- BERGER, G., RUSSELL, W. *Conservation of Paintings. Research and Innovations*. London: Archetype, 2000.
 - BERGER, G., RUSSELL, W. "Interaction between canvas and paint film in response to environmental changes". *Studies in Conservation*. Vol. 39, nº 2. London: IIC, 1994.
- BERGER, G. "The testing of adhesives for the consolidation of painting". *IIC*. New York: IIC-American Group Technical Papers from 1968 Through 1970
 - BERGER, G. "Application of Heat-Activated Adhesives for the Consolidation of Paintings". *Bulletin of AIC*. Vol. 11, Nº 2, April. Washington: AIC, 1971.
 - BERGER, G. "The testing of adhesives for the consolidation paintings". *Studies in Conservation*. Nº 17, 1972.
 - BERGER, G. *Beva. Información técnica de los productos de Gustav Berger. Fórmula original*. Madrid: Productos de Conservación S.A.
 - BERGER, G. "Consolidation of delaminating paintings". *ICOM*. 5º Encuentro Trienal. Zagreb. ICOM, 1978.
 - BERGER, G. "Some effects of impregnating adhesives on paint films". *Conferente on comparative lining techniques*. Greenwich, 1974.
 - BERGER, B. "Conservation of a rare work by Picasso". *Preprints of papers 4th annual meeting of the AIC*, Dearborn, 1976. Washington: AIC, 1977.
 - BERGER, G. *La foderatura metodologia e tecnica*. Florencia: Nardini Editore, 1992.
 - BERGER, G. "Unconventional treatments for unconventional paintings". *Studies in Conservation*. Nº 21. London: IIC, 1976.
 - BERGER, G. "More unconventional treatments for unconventional art". *Studies in Conservation*. Nº 35, febrero. London: IIC, 1990.
- BERGER, G., ZELIGER, H. I. "The Procedure of Developing an Adhesive for Paintings: the Importance of Valid Tests". *Adhesives and Consolidants*. Preprints of the Contributions to the Paris Congress. London: IIC, 1984.
 - BERGER, G, ZELIGER, H. "Effects of consolidation measures on fibrous materials". *AIC-IIC Bulletin*. 14, nº 1, Octubre. Washington: AIC, 1973.
- BERINI AYTÉS, G. "La conservación de la obra de Salvador Dalí: problemas y soluciones". *Fundació Gala-Salvador Dalí*. [En línea]. Figueres: Fundació Gala-Salvador Dalí, 2003. <<http://www.salvador-dali.org/esp/>>. [Consulta: 12/08/04].
- BERINI AYTÉS, G. "La colección de un autor y su conservación (el caso Dalí)". *Dossiers IAPH*. Nº 10, Boletín 35 Junio. Sevilla: IAPH, Junta de Andalucía, 2001.

- BERINI AYTÉS, G., CAMPO FRANCÉS, G. "Nuevas propuestas para la conservación-restauración de lienzos de gran formato: el tratamiento de "la apoteosis del dolar" de Salvador Dalí". *Cuadernos de Restauración*. Nº 4. Sevilla: Colegio BB.AA., 2002.
- BERRIOS PANDO, M^a T. y RUIZ MOLINA, M. "El montaje como causa de alteración. La problemática de la pintura moderna y contemporánea sobre soporte celulósico adherida a segundos soportes". *Actas 16th International Meeting on Heritage Conservation*. Valencia: Editorial UPV, 2006.
- BLYTH-HILL, V., MILAM, B., STAVROUDIS, C. "Conservation of contemporary art based on the "Young Talent Award". Exhibition at the Los Angeles County Museum of Art". *WAAC Newsletter*, vol 6, nº 1, enero. Los Ángeles: WAAC, 1984. [En línea]. <<http://palimpsest.stanford.edu/waac/wn/wn06/wn06-1/wn06-104.html/>>. [Consulta: 27/01/05].
- BICCHIERI, M. "Alcool Polivinilico e restauro: il perché di una scelta e le metodologie d'uso". *CAB Newsletter*. Nº3. Nov-dic. Roma: ICPAL, 1992.
- BONET ARACIL, M^a A. *Influencia de la estructura molecular de los éteres de celulosa en la conservación restauración de bienes culturales*. Tesis Doctoral. Alcoy: UPV, 2003.
- BONFILI, S., CASTELLANO, M.G. "L'intervento di restauro su Maternità di Pino Pascali". *Bollettino ICR. Nuova serie*. Nº 2, 2001.
- BONITO OLIVA, A. "Ma l'artista di oggi non è eterno. Attorno all'arte contemporanea esiste un atteggiamento troppo sacrale e protettivo. Il restauro, per esempio, ne è una prova". *Repubblica*. 1 Marzo 2000.
- BONSANTI, G. "Non il restauro dell'arte contemporanea ma il restauro contemporaneo dell'arte". *I Giornale del'Arte*. Nº. 128, 1994.
- BOON, J., HOOGLAND, F., VAN DER HORST, J. "Mass Spectrometry of Modern Paints". *Modern Paints Uncovered*. Los Ángeles: The Getty Conservation Institute, 2007.
- BORGHESE, P., FERRIANI, B. "Guardare ma non toccare. Il Pastello bianco di Giovanni Boldini. Tecnica esecutiva e restauro di un pastello su tela". *Kermes la rivista del restauro*, Anno 18, N. 57, 2005.
- BORGIOLO, L., CREMONESI, P. *Le resine sintetiche usate nel trattamento di opere policrome*. Saonara: Il Prato, 2005.
- BORGIOLO, L. "Sempre più Aquazol". *Bollettino*. [En línea]. C.T.S Italia. <www.ctseurope.com/dettaglio/news.asp?id=36>. [Consulta: 21/08/09].
 - BORGIOLO, L. "Analisi degli strumenti di ricerca e di diagnosi scientifica. Pesì Molecolari e GPC". *L'attenzione alle superfici pittoriche. Atti Congresso Colore e Conservazione CESMAR7*. Milano 2006. Saonara: Il Prato, 2008.
 - BORGIOLO, L. "Resinas naturales y polímeros sintéticos. Aplicaciones en conservación y restauración de bienes culturales". Apuntes curso. IVC+R, Valencia, noviembre 2008.
- BOSONI, G. "The Italian way to plastics". *The plastics age*. New York: The Overlook Press, 1993.
- BOTTI, F., PASCALINO, F. "Acrylic Resins Employed in the Conservation and Restoration of Books and Documents" Roma: Instituto Centrale di Patologia del

- Libro. [En línea]. <www.patologialibro.beniculturali.it/english/icpl/Resine.pdf>. [Consulta: 06/06/09].
- BRACCO, P., CIAPPI, O. "Consolidanti, adesivi, fissativi nel restauro dei dipinti su tela e tavola". *Quaderni di Skill*. Suppl. Al. nº 7. Milano: ENAIP 1988.
 - BRACHERT, T. *La patina nel restauro delle opere d'arte*. Florencia: Nardini Editore, 1990.
 - BRADLEY, S. "Strength Testing of Adhesives and Consolidants for Conservation Purposes". *Adhesives and Consolidants*. Preprints of the Contributions to the Paris Congress. London: IIC, 1984.
 - BRAMBILLA, B. Y GALASSI, G. "Some cases of colour alteration in white paintings of Lucio Fontana". *8th Triennial meeting ICOM + Getty Conservation Institute*. Sydney : ICOM-Getty Conservation Institute, 1987.
 - BRANDI, C. *Teoría de la restauración*. Madrid: Alianza Forma, 1995.
 - BRIA, C. "The History of the use of synthetic consolidants and lining adhesives". *WAAC Newsletter*, vol. 8, nº 1, enero. Los Ángeles: Western Association for Art Conservation, 1986. [En línea]. <<http://palimpsest.stanford.edu/waac/wn/wn08/wn08-1/wn08-104.html>>. [Consulta: 27/01/05].
 - BRITISH THORACIC SOCIETY NEBULIZAR PROJECT GROUP. "Nebulizer therapy Guidelines". *Thorax*. *Sine loco*: BTSNPG, 1997, p. 52.
 - BROCK, GROTEKLAES, MISCHKE. *European Coatings Handbook*. Hannover: Vincentz Verlag, 2000.
 - BRONKEN, I.A.T. "*Undersøkelse og dokumentasjon av Composition, 1952, Jean-Paul Riopelle*". Master Tesis. University of Oslo, 2010. [En línea]. <www.duo.uio.no/sok/work.html?WORKID=98194&lang=en>. [Consulta: 11/05/11].
 - BROWN, J. (Ed.). "Matte paint, its history and technology, analysis, properties, and conservation treatment, with special emphasis on ethnographic objects". *WAAC Newsletter*, vol. 8, nº 1, enero. Los Ángeles: WAAC, 1986. [En línea]. <<http://palimpsest.stanford.edu/waac/wn/wn18/wn18-2/wn18-207.html>>. [Consulta: 27/01/05].
 - BRÜCKLE, I., THORNTON, J., NICHOLS, K., STRICKLER, G. "Cyclododecane: Technical note on some uses in paper and objects conservation". [En línea]. *JAIC*. Vol. 38, nº 2. AIC, 1999. <http://aic.stanford.edu/jaic/articles/jaic38-02-004_sndx.html>. [Consulta: 06/06/09].
 - BRUQUETAS GALÁN, R. *Técnicas y materiales de la pintura española en los siglos de oro*. Madrid: Fundación Telefónica, 2002.
 - BRUNATTI, C., MARTÍN, A. "Introducción a la Espectroscopía de Absorción Molecular Ultravioleta, Visible e Infrarrojo Cercano". [En línea]. © Copyright 2009 Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires, Argentina. <www.fi.uba.ar/materias/6305/download/Espectrofotometria.pdf>. [Consulta: 24/05/10].
 - BULCOUT, M. "De la conservation des oeuvres contemporaines". *Conservation Restauration*. Lyon: PCI, 1986.
 - BURGESS, E. "Twilight of the West : Contemporary solutions for some contemporary problems". *Painting Conservation*. *Artonview*. 1 autumn, 1995. [En

- línea]. Canberra: © 2008 National Gallery of Australia. <www.nga.gov.au/conservation/paintings/Kiefer.cfm>. [Consulta : 22/06/08].
- BURNSTOCK, A., VAN DER BERG, K.J., GROOT, S., WIJNBERG, L. "An Investigation of Water-Sensitive Oil Paints in Twentieth-Century Paintings". *Modern Paints Uncovered*. Los Ángeles: GCI, 2007.
 - BUSTINDUY FERNÁNDEZ, M^a P., CHAVES CASTANEDO, M^a. "Nuevo intento para salvar uno de los cuatro catálogos "Prier de Toucher" que se conservan en la actualidad". *Actas 16th International Meeting on Heritage Conservation*. Valencia: Editorial UPV, 2006.
 - BUSTINDUY FERNÁNDEZ, M^a P. "Validación de los métodos de exámenes físicos para el estudio de la obra de arte contemporáneo". *Actas I Congreso del GEIIC. Conservación del patrimonio: evolución y nuevas perspectivas*. Valencia: Grupo Español del IIC, 2002.
 - BUSTINDUY FERNÁNDEZ, M^a P. "La técnica al servicio del arte. La difícil tarea de la Conservación de los nuevos materiales en el Arte Contemporáneo". *Revista Fabrikart*. Servicio Editorial U.P.V., 2004.
 - BUSTINDUY FERNÁNDEZ, M^a P. "Traslado de soporte de una pintura del pintor canario Cristino de Vera". *Conservación de Arte Contemporáneo 9ª Jornada*. Madrid: GEIIC-MNCARS, 2008.
 - BUZZEGOLI, E., LANDI, L., MINOTTI, D. "Fenomeni di diffusione, in supporto poroso, di materiali utilizzati per il consolidamento in opere di pittura". *L'Attenzione alle superficie*. CESMAR 7 Milano, 2006. Padova: il Prato, 2008.
 - BUZZEGOLI, E., CAVALCA, N., FALCUCCI, C., LANDI, KUNTZELMAN, MARZULLO, MASTROPASQUA, MICHALSKI, MINOTTI, TELLINI, PICOLLO, POGGI, ROSSI DORIA, TOSINI. "Open Studio e intervento di restauro su un'opera di Sironi". *L'Attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutarne l'efficacia*. Atti del congresso CESMAR 7 Milano, 2008. Padova: il Prato, 2009.

C

- CADORIN, P. "Dangers de l'application des certaines techniques de conservation traditionnelles dans la restauration de oeuvres d'art du XXe siècle". *ICOM*. Madrid: ICOM, 1972.
- CADORIN, P. "Etude préliminaire sur la peinture mate". *ICOM 4th triennial meeting*. Venice, 13-18 October 1975. Paris: ICOM, 1975.
- CADORIN, P., VEILLON, M. "La peinture mate: definition. Techniques permettant d'obtenir l'effet mat: matériaux, modes d'application, vernis mats". *ICOM 5th triennial meeting*. Zagreb, 1 - 8 Oct. 1978. Paris: ICOM, 1978.
- CALDARO, N., ROCKWELL, T., ROSENTHAL, A. "Conservation of a Heavy Weight: The Rose by Jay Defeo". AIC Paintings Specialty Group postprints, San Diego, California, June 13-14, 1997. Washington: AIC, 1997.
- CALDERÓN DE LA BARCA S., L.P., BONO LÓPEZ, M. *Manual para la elaboración de tesis de licenciatura del Departamento de Derecho*. [En línea]. Dpto. Derecho

- ITAM, México. <www.derecho.itam.mx/documentos/manual%20de%20tesis.pdf>. [Consulta: 22/02/05].
- CAGNA, M., RIGGIARDI, D. "I consolidanti nel sistema dipinto". *L'Attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutarne l'efficacia. Atti del congresso CESMAR 7* Milano, 2006. Padova: il Prato, 2008.
 - CALVO MANUEL, A. *Conservación y restauración A-Z*. Barcelona: Ediciones del Serbal, 1997.
 - CALVO MANUEL, A. *Conservación y restauración de pintura sobre lienzo*. Barcelona: Ediciones del Serbal, 2002.
 - CALVO SERRALLER, F. "El fin de los museos de arte contemporáneo". *Los museos y la conservación del patrimonio*. Madrid: Fundación Argentaria, 2001.
 - CALVO SERRALLER, F. "¿Puede el arte sobrevivir al triunfo de la vanguardia?". [En línea]. *Antiquaria reportajes*, nº 208, septiembre. Madrid: Galería Antiquaria, 2002. <www.antiquaria.com/group/1/index.asp?table=obras&ID=55341>. [Consulta: 20/02/04].
 - CALVO, C. *Carmen Calvo*. Web. [En línea]. ©Carmen Calvo, Valencia, Spain. <www.carmencalvo.es>. [Consulta: 08/08/08].
 - CAMEO. "Isinglass". CAMEO, *Conservation & Art Material Encyclopedia Online*. CAMEO ©2007 Museum of Fine Arts, Boston. [En línea]. <<http://cameo.mfa.org/materials/record.asp?key=2170&subkey=9015&Search=Search&MaterialName=ISINGLASS>>. [Consulta: 09/12/07].
 - CAMEO. "Gelatine". CAMEO ©2007 Museum of Fine Arts, Boston. [En línea]. <<http://cameo.mfa.org/browse/record.asp?subkey=4036>>. [Consulta: 09/12/07].
 - CAMEO. "Klucel G e Hydroxypropil cellulose". CAMEO ©2008 Museum of Fine Arts, Boston. [En línea]. <<http://cameo.mfa.org/browse/record.asp?subkey=4709>> y <<http://cameo.mfa.org/materials/record.asp?key=2170&subkey=5147&Search=Search&MaterialName=klucel+g>>. [Consulta: 10/10/08].
 - CAMEO. "Acryloid". CAMEO ©2008 Museum of Fine Arts, Boston. [En línea]. <<http://cameo.mfa.org/materials/record.asp?key=2170&subkey=6848&Search=Search&MaterialName=acryloid>>. [Consulta: 10/10/08].
 - CAMEO. "Funori". CAMEO ©2008 Museum of Fine Arts, Boston. [En línea]. <<http://cameo.mfa.org/materials/record.asp?key=2170&subkey=3943&Search=Search&MaterialName=funor>>. [Consulta: 07/08/07].
 - CAMEO. "Physical Properties for Selected Thermoplastic Resins". CAMEO ©2007 Museum of Fine Arts, Boston. [En línea]. <<http://cameo.mfa.org/materials/record.asp?key=2170&subkey=4994&keywords=conservation&search=search>>. [Consulta: 03/06/08].
 - CAMEO. "General Characteristics of Polymers". CAMEO ©2007 MFA Boston. [En línea]. <www.cameo.mfa.org>. [Consulta: 03/06/08].
 - CAMPANI, E., CASOLI, A. "Questione di affinità: la Gascromatografia/Spettrometria di Massa". *L'attenzione alle superfici pittoriche. Atti Congresso Colore e Conservazione CESMAR7*. Milano 2006. Saonara: Il Prato, 2008.

- CAMPO, G. (Coord.). *Restaurando arte contemporáneo. Georgina Berini-textos y testimonios*. Zaragoza: Pórtico, 2009.
- CAMPINS DE CODINA, A. *Tecnología química de los barnices y pinturas*. Barcelona: Ed. Reverté, 1951.
- CAPELLA, F. "Los polímeros fluorados resisten cualquier agresión". *Interempresas*. 01/05/96. [En línea]. <www.interempresas.net/Plastico/Articulos/Articulo.asp?A=3934>. [Consulta: 13/08/09].
- CAPPELLI, S. Archivo obra Piero Manzoni. [En línea]. © 2003-09 Archivo Opera Piero Manzoni. <www.pieromanzoni.org>. [Consulta: 13/03/10].
- CAPPITELLI, F. "Difficulties in the scientific study of synthetic materials in paints". *V&A Conservation Journal*. [En línea]. Spring 2000, Issue 34. V&A Museum. <www.vam.ac.uk/res_cons/conservation/journal/consjournal34/difficulties34/ind>. [Consulta: 23/08/07].
- CAPPITELLI, F., SORLINI, C. "Microorganisms attack synthetic polymers in items representing our cultural heritage". *Applied and Environmental Microbiology*, 74, 3.801. Sine Loco: IF, 2008.
- CARBOQUÍMICA. "DBM". [En línea]. Carboquímica S.A. 2007 <www.carboquimica.com.co/productos/plastificantes.asp>. [Consulta: 05/09/09].
- CARNAZZA, P. "Funori, adesivo di origine vegetale". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti del congresso CESMAR 7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008.
- CASTELL AGUSTÍ, M., MARTIN REY, S. "La mesa caliente o de vacío y su aplicación en la corrección de levantamientos en el estrato pictórico. Obras sobre lienzo". *Actas Congreso Conservación Restauración de Bienes Culturales*. [Cd-rom], 2000.
- CAUZZI, D. "Spettroscopia infrarossa. Cenni teorici ed esempi applicativi". *L'attenzione alle superfici pittoriche. Atti Congresso Colore e Conservazione CESMAR7*. Milano 2006. Saonara: Il Prato, 2008.
- CAVANAUGH, J. "The feasibility of ultrasonic misting as an inpainting technique" [en línea]. *WAAC Newsletter*, vol. 23, nº. 1, enero. Los Ángeles: Western Association for Art Conservation, 2001. <<http://palimpsest.stanford.edu/waac/wn/wn23/wn23-1/wn23-104.html>>. [Consulta: 27/01/05].
- CCI. "Adhesives Today: exploring current adhesive options and application techniques Project". [En línea]. CCI Newsletter, nº. 31, junio. CCI in Action. Ottawa: Canadian Conservation Institute (CCI), 2003. <www.cci-icc.gc.ca/whats-new/news31/adhesives_e.shtml>. [Consulta: 01/02/05].
- CCI. "Conservation Treatment of Sussex Pastoral". *Preserving My Heritage. Before & After Gallery*. [En línea]. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 2009. <www.preservation.gc.ca/gallery-galerie/sussex-eng.asp?template=print>. [Consulta: 12/09/09].
- CCI: "Conservation Treatment of Two Hortense Gordon Paintings". *Preserving My Heritage. Before & After Gallery*. [En línea]. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 2009. <www.preservation.gc.ca/gallery-galerie/gordon-eng.asp?template=print>. [Consulta: 12/09/09].

- CCI. “Adhesives and Consolidants for Conservation: Research and Applications. Symposium 2011”. CCI. [En línea]. <www.cci-icc.gc.ca/symposium/2011>. [Consulta: 04/02/11].
- CELLULOSE ETHERS ASSOCIATION. “Cellulose Ethers”. [En línea]. Sector Group of Cetic. <www.celluloseethers.eu>. [Consulta: 02/09/09].
- CENNINO, C. *El libro del arte*. Madrid: Akal, 2000.
- CEPSA. *Parafina*. [En línea]. ©CEPSA 2010. <www.cepsa.com/cepsa/Que_ofrecemos/Bases_y_Parafinas/Usos_de_la_parafina>. [Consulta: 05/06/11].
- CEYS. *Adhesivos y pegamentos*. [En línea]. Ceys®, S.A. L’Hospitalet de Llobregat, Barcelona. <www.mundoceys.com>. [Consulta: 24/08/11].
- CHACÓN ÁLVAREZ, J. A. “Argumentando las bases de una colección. Pasado, presente y futuro de los fondos del Centro Andaluz de Arte Contemporáneo”. *Dossiers IAPH*. Nº 10, Boletín 35 Junio. Sevilla: IAPH, Junta de Andalucía, 2001.
- CHIANTORE, O., RAVA, A. *Conservare l’ arte contemporanea. Problemi, metodi, materiali, ricerche*. Milán: Electa, 2005.
- CHIANTORE, O., RAVA, A. *Conserving Contemporary Art. Issues, Methods, Materials, and Research*. Los Angeles: GCI, 2012.
- CIE. *Recommendations on Uniform Color Spaces, Color Difference Equations, Psychometric Color Terms*. Suplement nº2, publicación nº15. Paris: Bureau Central CIE, 1978.
- CIVIL PLANS, I. *The matter paintings of Antoni Tàpies: a study of some mechanical properties of contemporary alkyd paint layers with high pigment volume concentration*. Tesis doctoral. Queen’s University, Kingston (Canadá), 2000.
 - CIVIL PLANS, I. *The matter paintings of Antonio Tàpies: a study of some mechanical properties of contemporary alkyd paint layers with high pigment volume concentration*. [Tesis inédita]. Queen’s University, Kingston, 2001.
- CIVIL, I., MICHALSKI, S., MURRAY, A. “Cracking the “matter paintings” of Antoni Tàpies: the role of artistic intent, deterioration and underlying mechanical causes”. *Preprints 13th Triennial Meeting, Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: ICOM Committee for Conservation, 2002.
- CLARIANT. “@Mowitilth SDM5”. *Clariant*. Ficha técnica. Febrero 2002. Clariant. División TLP-BU Emulsiones. Barcelona.
- CLIMENT, V., CARPINELL, P. “Introducción a la colorimetría”. *Nuevos Productos y Tecnologías de Esmaltes y Pigmentos Cerámicos*. Castellón: Faenza Editrice, 1992.
- CLYDESDALE, A. *Chemicals in Conservation. A guide to possible hazards and safe use*. Edimburg: Conservation Bureau, Scottish Development Agency, 1982.
- COBBE, R.A.C. “Examination of modern paintings: technical information received from artists”. *Studies in Conservation*. London: 1976.
- COLLADO, D., GALBIS, A. “Pintura al temple óleo-resinoso estable F05. Incorporación de nuevos emulgentes sintéticos en la pintura artística”. *R&R*. Nº 72, enero. Madrid: América Ibérica, 2003.

- COLOMBO, A. "La Calorimetria a Scansione Differenziale (DSC)". *L'attenzione alle superfici pittoriche. Atti Congresso Colore e Conservazione CESMAR7*. Milano 2006. Saonara: Il Prato, 2008.
- COLOMBO, A., MINOTTI, D., MECKLENBURG, M., CREMONESI, P., ROSSI DORIA, M. "Studio delle proprietà meccaniche di consolidanti utilizzati per il restauro di beni policromi mobili". *L'Attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutarne l'efficacia*. Atti del congresso CESMAR 7 Milano, 2008. Padova: il Prato, 2009.
- COMIOTTO, A. "Haftungsprobleme auf Polyethylen. Entwicklung eines Gerätes zur Verbesserung der Haftung von Klebe- und Bindemitteln" *Beiträge*. N° 2. Bonn: Verband der Restauratoren, 2005.
- CONTRERAS MAYA, M^a C. *Preservation of Modern Easel Painting. A Multidisciplinary Study for the Preservation of Two of David Alfaro Siqueiro's So Called Pyroxyline Paintings*. Tesis doctoral. Kingston: Queen's University, 1998.
- CONSTANTINE, M. "Preserving the legacy of 20th Century Art". [En línea]. *GCI Newsletter*, vol. 13, n° 2. Los Ángeles, The Getty Conservation Institute, 1998. <www.getty.edu/conservation/resources/newsletter/13_2/feature1.html>. [Consulta: 03/12/03].
- CORBEIL, M.C. "The Canadian Artists Painting Materials Research Project". [En línea]. *CCI in Action*. Ottawa: Canadian Conservation Institute (CCI), 1995. <www.cci-icc.gc.ca/document-manager/view-document_e.cfm?Document_ID=219&ref=cci>. [Consulta: 02/02/05].
- CORTÉS ARJONA, J. "Conservación de obras de arte contemporáneo sobre papel: Tres ejemplos de intervención". *Dossiers IAPH*. N° 10, Boletín 35 Junio. Sevilla: IAPH, Junta de Andalucía, 2001.
- CORZO, M. A. (Ed.). *Mortality Immortality? The Legacy of 20th-Century Art*. Los Ángeles: Getty Conservation Institute, 1999.
- COX, H. "The deterioration and conservation of chocolate from museum collections". *Studies in Conservation*. Vol. 38, n° 4, noviembre 1993.
- CRAMER, D. "Ephemeral paintings on "permanent view". The accelerated ageing of Mark Rothko's paintings". *8th Triennial meeting Sydney, Australia*. Los Angeles: ICOM-Getty Conservation Institute, 1987.
- CREMONESI, P. *L'uso dei solventi organici nella pulitura di opere policrome*. Padua: Ed. Il Prato, 2000.
- CROLL, S. "Overview of Developments in the Paint Industry since 1930". *Modern Paints Uncovered*. Los Ángeles: The Getty Conservation Institute, 2007.
- CROOK, J., LEARNER, T. *The impact of modern paints*. London: Tate Gallery, 2000.
- CTS. "Acрил 33". Ficha técnica. 16/12/08. C.T.S. S.r.l. Italia.
 - CTS. "@Plextol B500". Ficha técnica. Enero 1971 y de seguridad (DIR 2001/58/CE). C.T.S. S.r.l. Italia.
 - CTS. Gustav Berger's O.F. 371". Ficha de seguridad. C.T.S. S.r.l. Italia.
 - CTS. "Productos línea Gustav Berger's Original Formula". Ficha técnica y de seguridad (1907/2006/CE). 17/12/07. C.T.S. S.r.l. Italia.
 - CTS. Klucel G". Ficha de seguridad. (1907/2006/CE). 17/12/07. C.T.S. S.r.l. Italia.

- CTS. “Paraloid™ B-72”. Ficha de seguridad. (1907/2006/CE). 05/08/98. C.T.S. S.r.l. Italia.
- CTS. “Plexisol P550”. Ficha de seguridad. Dir. 2001/58/CE. 31/08/06. C.T.S. S.r.l. Italia.
- CTS. “Plexisol P550”. *Letteratura Tecnica*. Enero 1971. C.T.S. S.r.l. Italia.
- CTS. “Alcohol Polivinílico GelvatoI”. Ficha de seguridad. (DIR 2001/58/CE). 19/10/06.
- C.T.S. S.r.l. Italia. CTS. “Alcool Polivinílico GelvatoI”. Octubre 2002, C.T.S. S.r.l. Italia.
- CTS. “Microemulsioni acriliche”. *Bollettino (17.1. Nuovi Prodotti)*. [En línea]. CTS. <www.ctseurope.com/con/entimages>. [Consulta: 09/08/09].
- CTS. [Nanorestore@](http://geiic.com/files/Nanorestore/NANORESTORE.pdf). [En línea]. CTS. <<http://geiic.com/files/Nanorestore/NANORESTORE.pdf>>. [Consulta: 08/05/11].
- CTS. “Rexil: novità per l’universo legno”. *Bollettino (19.1. Nuovi Prodotti)*. [En línea]. CTS. <www.ctseurope.com/contentimages/nuevo2009-19.1%20_rexil.pdf>. [Consulta: 09/08/09].
- CTS. “Fluorati: Next Generation”. *Bollettino (Nuovi Prodotti)*. [En línea]. CTS. <www.ctseurope.com/dettaglionews.asp?id=52>. [Consulta: 09/08/09].
- CTS. “La rinascita del fluoropolietere”. *Bollettino*. Enero 2006. [En línea]. CTS. <www.ctseurope.com/dettaglionews.asp?id=60>. [Consulta: 09/08/09].
- CTS “Aquazol: un polimero idrosolubile” Bolletino. [En línea]. C.T.S Italia. <www.ctseurope.com/dettaglionews.asp?id=20>. [Consulta: 21/08/09].
- CTS “Fluoline HY”. *Caratteristiche tecniche*. C.T.S. S.r.l. Altavilla Vicentina, Italia.
- CTS “Fluoline HY”. *Ficha de seguridad*. 02/10/07. C.T.S. S.r.l. Altavilla Vicentina, Italia.
- CTS “Aquazol”. *Ficha de seguridad*. 05/07/04. C.T.S. S.r.l. Altavilla Vicentina, Italia.
- CTS “Aquazol”. *Ficha técnica*. C.T.S. S.r.l. Altavilla Vicentina, Italia.
- CTS. “Ciclododecano. Caratteristiche chimico-fisiche”. [En línea]. C.T.S. S.r.l. Altavilla Vicentina, Italia. <www.ctseurope.com>. [Consulta: 09/08/09].
- CTS. “Ciclododecano Sólido. Ficha de seguridad”. [En línea]. CTS Italia. Fecha edición 09/11/07 <www.ctseurope.com>. [Consulta: 09/08/09].
- CTS. “Ciclododecano Spray. Ficha de seguridad”. [En línea]. CTS Italia. Fecha edición 09/11/07 <www.ctseurope.com>. [Consulta: 09/08/09].
- CUDELL, A., CARBALLO, J., CALVO, A., MARTINS, A., SARAIVA, S. “Proceso de intervención en una pintura de Bengt Lindström realizada con aglutinante de PVA”. *Conservación de Arte Contemporáneo 10ª Jornada*. Madrid: MNCARS-GEIIC, 2009.
- CURTIS, A., UCHIDA, Y. “Which Gelatine to use? The choices for conservators. Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca/symposium/2011/index-eng.aspx>. [Consulta: 20/03/12].

D

- DAGRON, B. "Inventaire du matériel de l'atelier du peintre Vassily Kandinsky tel qu'il est conservé au Musée national d'art moderne". *Technè*. Paris: CCI Centre Georges Pompidou dans le fonds Kandinsky, 1998.
- D. DALY. *An investigation into the Use of Several Substances as Fixatives for Works of Art in Pastel*. Kingston: Queen's University, 1978.
- DANZING, R. "Conserving Watercolors : Under the Microscope". *Brooklyn Museum Community bloggers. Conservation*. [En línea]. Brooklyn: Copyright © 2004–2009 the Brooklyn Museum. Museum. <www.brooklynmuseum.org/community/blogosphere/bloggers/category/conservation/>. [Consulta : 22/06/08].
- DAY, D., JACKSON, A. *Herramientas. Guías CEAC de la Madera*. Barcelona: CEAC, 1998.
- DE LA RIE, R. *Varnish Studies. The Properties of Resins Used for Varnishing and Retouching of Paintings*. Parte 4. Curso MNCARS, 8 abril de 2011. <<http://ge-iic.com/>>. [Consulta: 26/04/11].
- DELCROIX, G., HAVEL, M. *Phénomènes physiques et peinture artistique*. Bayeux: Erec, 1988.
- DELGADO CABRERA, J. M^a. *Microsoft Office Professional paso a paso*. Madrid: Anaya, 1999.
- DE MICHELI, M. *Las vanguardias artísticas del s. XX*. Madrid: Alianza Forma, 1994.
- DEMUTH, P., VOGEL, H., NÄGLER, C., REUBER, L. LECHUGA, K. "Review: Adhesives for Thread-by-Thread Tear Mending in Torn Fabric-Supported Paintings". *Proceedings Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].
- DENNIN REAM, J. "Observations on the Penetration of Two Consolidants Applied to Insecure Gouache on Paper" *The Book and Paper Group Annual*. Vol. 14. Washington: AIC, 1995. [En línea]. <<http://aic.stanford.edu/sg/bpg/annual/v14/bp14-04.html>>. [Consulta: 07/06/09].
- DERBYSHIRE, A., RUTHERSTON, J. "A Review of Evaluation of Cellulose Ethers for Conservation". *V&A Conservation Journal*. October 1991, Issue 1. V&A Museum. [En línea]. <www.vam.ac.uk/res_cons/conservation/journal/conservation,%20journal,%20october,%201991/conservation,%20journal,%20cellulose,%20ethers,%20july,%201991/index.html>. [Consulta: 02/08/09].
- DIETER ROTH FOUNDATION. Hamburg, Copyright Dieter Roth Foundation 2011. <www.dieter-roth-museum.de>. [Consulta: 23/06/06].
- DIERKS-STAIGER, R. *Application of aerosols for fixation of flaking gouache paint on paper*. Abstract tesis doctoral. [En línea]. Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphk, Arkhiv_undBibliotheksgut-Höhenstrabe, 1996 <http://www.sabk.de/board/view_abstracts_en.php>. [Consulta: 15/11/06].
- DIGNARD, C., MICHALSKI, S. "Consolidation of powdery paint using the ultrasonic mister". [En línea]. *CCI in Action*. Ottawa: Canadian Conservation Institute (CCI),

1993. <www.cci-icc.gc.ca/document-manager/view-document_e.cfm?Document_ID=214&ref=cci>. [Consulta: 02/02/05].
- DIGNARD, C., MICHALSKI, S. "Ultrasonic misting. Part 1, experiments on appearance change and improvement in bonding". [En línea]. *JAIC Online*. Washington: American Institute for Conservation, 1997. <<http://aic.stanford.edu/jaic/articles/jaic36-02-002.html>> [Consulta: 26/01/05].
 - DIGNARD, C., MICHALSKI, S.: "Communication of conservation information". *Conservation DistList Archives*. Instance 11:92h, distributed Thursday, May 14 1998. [En línea] <<http://sul-server-2.stanford.edu/byform/mailling-lists/cdl/1998/0553.html>> [Consulta: 24/09/07].
 - DIGNARD, C., DOUGLAS, R., GUILD, S., MAHEUX, W. (Et al.). "Ultrasonic misting. Part 2, treatment applications.". [En línea]. *JAIC Online*. Washington: American Institute for Conservation, 1997. <<http://aic.stanford.edu/jaic/articles/jaic36-02-003.htm>>. [Consulta: 27/01/05].
 - DOMÉNECH CARBÓ, M^a T. *Aproximación al análisis instrumental de pigmentos procedentes de obras de arte*. Valencia: Ed. U.P.V., 2006.
 - DOMÉNECH CARBÓ, M^a T., BITOSI, G., CRUZ-CAÑIZARES, J., BOLÍVAR-GALIANO, LÓPEZ-MIRAS, M^a M., ROMERO-NOGUERA, J., MARTÍN-SÁNCHEZ, I. "Microbial deterioration of Mowilith DMC2, Mowilith DM5 and Conrayt poly(vinyl acetate) emulsions used as binding media of paintings by pyrolysis-silylation-gas chromatography-mass spectrometry". *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. Pyrolysis 2008-18th International Symposium on Analytical and Applied Pyrolysis. Vol. 85, Issues 1-2, mayo. Elsevier, 2009.
 - DOMÉNECH CARBÓ, M^a T., BITOSI, G., OSETE-CORTINA, L., CRUZ-CAÑIZARES, J., YUSÁ-MARCO, D.J. "Characterization of polyvinyl resins used as binding media in paintings by pyrolysis-silylation-gas chromatography-mass spectrometry". *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. "Euroanalysis XIV - The European Conference on Analytical Chemistry". Vol. 391, nº 4. Alemania: Springer Verlag, 2008.
 - DOMÉNECH CARBÓ, M^a T., FUSTER-LÓPEZ, L., MECKLENBURG, M., MARTÍN-REY, S. "Identification of additives in poly(vinylacetate) artist's paints using PY-GC-MS". *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. Volume 397, nº 1. Alemania: Springer Verlag, 2010.
 - DOMÉNECH CARBÓ, M^a T., DOMÉNECH, A. "Chronoamperometric study of proton transfer/electron transfer in solid state electrochemistry of organic dyes". *Journal of Solid State Electrochemistry*, Volume 10, nº 12. Alemania: Springer Verlag, 2006.
 - DOMÉNECH CARBÓ, M^a T., SILVA, M., AURA-CASTRO, E., FUSTER-LÓPEZ, L., KRÖNER, S., et al. "Study of behaviour on simulated daylight ageing of artists' acrylic and poly(vinyl acetate) paint films". *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. Vol. 399, nº 9. Alemania: Springer Verlag, 2011.
 - DOMÉNECH-CARBÓ, SILVA, FUSTER-LÓPEZ, MECKLENBURG, DOMÉNECH, YUSÁ-MARCO. "An Approach to the Physico-Mechanical Changes Induced by UV Artificial Aging of Selected Vynil Adhesives Used in Conservation". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca/symposium/2011/index-eng.aspx>. [Consulta: 20/03/12].

- DOW CHEMICAL. "Chemistry of Methocel. Cellulose Ethers". [En línea] Dow. Copyright©. The Dow Chemical Company (1995-2009). <www.dow.com/dow_excipients/products/chemistry/methocel.htm>. [Consulta: 02/09/09].
- DOWN, J. "Adhesive Testing at the Canadian Conservation Institute, Past and Future". *Adhesives and Consolidants*. Preprints of the Contributions to the Paris Congress. London: IIC, 1984.
- DOWN, J. L., McDONALD, M.A., TÉTREAU, J., WILLIAMS, R. S. "Adhesive Testing at the Canadian Conservation Institute-An evaluation of selected Poly(vinyl acetate) and Acrylic Adhesives". *Studies in Conservation*. Vol. 41, n. 1. London: IIC, 1996.
 - DOWN, J. L., McDONALD, M.A. TÉTREAU, J., WILLIAMS, R. S. "Pruebas de adhesivos en el Canadian Conservation Institute- una evaluación de una selección de adhesivos acrílicos y de acetato de polivinilo". *Studies in Conservation*. Vol. 41, nº1. London: IIC, 1996.
- DREVIKOVSKÁ, J. "The study of materials used for the consolidation of the paint layer in illuminated manuscripts" *Sine loco, sine anno*.
- DYKSTRA, S. W. "The artist's intention and the intentional fallacy in fine arts conservation". *Journal of the American Institute for Conservation*, 1996.
- DUBUFFET FONDATION. © Fondation Dubuffet, Paris, 2001-2005. <www.dubuffetfondation.com>. [Consulta: 05/02/08].
- DUFFY, M.C. "A study of acrylic dispersions used in the treatment of paintings". [En línea]. *JAIC Online*, vol. 28, nº. 2, art. 2. Washington: American Institute for Conservation, 1989. <<http://aic.stanford.edu/jaic/articles/jaic28-02-002>>. [Consulta: 18/12/03].
- DUNSTAN, B. *Painting methods of the Impressionists*. New York: Watson-Guption Publications, 1983.

E

- ECO, U. *Como se hace una tesis*. Barcelona: Gedisa, 1992.
- EDUCARED. "Punto de fusión". [En línea]. © 2009 Fundación Telefónica. <www.educared.net/aprende/anavegar5/podium/images/B/1563/punto_fusion.htm>. [Consulta: 23/02/10].
- ELCOMETER. *Elcometer 407 Statistical Glossmeter Operating Instructions*. © Copyright Elcometer Instruments Ltd. 2007.
- ELGER, D. *Dadaísmo*. Köln, Taschen, 2006.
- ELLISON, R., SMITHEN, P. Y TURNBULL, R. (Ed.). *Mixing and Matching. Approaches to Reouching Paintings*. London: Archetype Publications, 2010.
- ELIAS, M., SINDACO, C. "Le refixage et la consolidation des peintures non vernies. Une collaboration entre scientifique et restaurateur". *Support/Tracé*, nº 6. Paris: ARSAG, 2006.
- EMILE-MALE, G. *Restauration des peintures de chevalet*. Fribourg: Office du Livre, 1986.
- EMMERLING, L. *Basquiat*. Köln: Taschen, 2007.

- EMPA. *Product Information and Safty Information. JunFunori®. Version 2.0*. [En línea]. Dübendorf: EMPA, 2003. <www.empa.ch/plugin/template/empa/*/26860/---/l=1>. [Consulta: 12/01/08].
- EMPA. *Application Information. JunFunori®. Version 1.0*. [En línea]. Dübendorf: EMPA, 2003. <www.empa.ch/plugin/template/empa/*/24498/---/l=1>. [Consulta: 12/01/08].
- ESCOHOTADO IBOR, M^a T. *Materiales sintéticos en la restauración*. Madrid: Clemond-Ferrand, 1987.
 - ESCOHOTADO IBOR, M^a T. “La formación de los restauradores -conservadores de arte contemporáneo, un reto de la formación tradicional a la actual”. *Revista de museología*. Madrid: Asociación Española de Museólogos. N. 5.
 - ESCOHOTADO IBOR, M^a T. “Los soportes de la obra de arte contemporáneo”. *Revista museología*. Nº 4. Madrid: Asociación Española de Museólogos.
 - ESCOHOTADO IBOR, M^a T. “Aspectos generales de la restauración en el arte actual”. *Actas VIII Congreso Conservación Restauración de Bienes Culturales*. Valencia: Generalitat Valenciana, 1990.
 - ESCOHOTADO IBOR, M^a T. “La problemática de la obra de arte contemporáneo”. *La conservación y la restauración en el siglo XX*. Madrid: Tecnos, 2004.
- ESCOHOTADO, M^a T., RODRIGUEZ, C. Y CARRETERO, M^a L. “Los incendios frente a la pintura contemporánea”. *Actas XV Congreso Conservación Restauración de Bienes Culturales*. [Cd-rom]. [Murcia]: Región de Murcia. Dirección General de Cultura, 2004.
- ESCOHOTADO, M^a T. Y BACETA, F. (Dir.), RODRÍGUEZ, A. (Coord.). *Innovación y nuevas tecnologías en la especialidad de conservación y restauración de obras de arte*. [En línea]. <www.ehu.es/argitalpenak/images/stories/libros_gratuitos_en_pdf/Humanidades/Innovacion%20y%20nuevas%20tecnologias%20en%20la%20especialidad%20de%20conservacion%20y%20restauracion%20de%20obras%20de%20arte.pdf>. [Consulta: 30/02/13]. Universidad del País Vasco, 2012.
- ESPECTROMETRIA.COM. Búsqueda: espectroscopía UV-VIS. [En línea]. ©Espectrometria.com 2010. <www.espectrometria.com/espectrometra_ultravioleta-visible>. [Consulta 21/05/10].
- EVANS, D. “Funori: a Short Description, Recipe and Source”. *The Book and Paper Group Annual*. Vol. 3. AIC: 1984. [En línea]. <<http://aice.stanford.edu/sg/bpg/annual/v03/bp03-05.html>>. [Consulta: 05/11/07].

F

- FAN, T-F. “Experimental Evaluation of Adhesives for Temporary Facing in Eastern Painting Conservation”. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].
- FAZI, G., VITTORINI. *Nuove Tecniche di foderatura*. Florencia: Nardini Editore, 1995.

- FELLER, R.L., WILT, M. *Evaluation of Cellulose Ethers for Conservation*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 1990.
- FELLER, R.L. *Accelerated aging. Photochemical and thermal aspects*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 1994.
- FELLER, R., KUNZ, N. "The effect of pigment volume concentration on the lightness or darkness of porous paints". *AIC Preprints of the 9th annual meeting* Philadelphia. Washington: AIC, 1981.
- FERNÁNDEZ DELPECH, H. "Ley de Propiedad Intelectual de España". [En línea]. *Leyes*. Buenos Aires. <www.hfernandezdelpech.com.ar/Leyes/LEY%20DE%20PROP%20INT%20ESPANA.htm>. [Consulta: 17/01/04].
- FERNÁNDEZ MEDINA, M^a. I. "Reflexiones sobre la reversibilidad: La reversibilidad entre la teoría y la praxis". *PH*. Marzo, nº 30. Sevilla: IAPH, 2000.
- FERNÁNDEZ-VILLA, S., JUNCOSA DARDER, E. "Materiales y técnicas pictóricas de Joan Miró. Problemática de conservación". *VII Reunión de Arte Contemporáneo GEIIC*. Madrid: MNCARS-GEIIC, 2006.
- FERNANDO DE LA IGLESIA, J. "La conservación y arte contemporáneo: una reflexión desde Galicia (musealizar lo efímero o efimerizar lo museable)". *Coloquio Internacional de Conservación Preventiva de Bienes Culturales*. Vigo: ACR, 1996.
- FERRER MORALES, A. "Aplicación del vacío en la consolidación y fijación de los estratos pictóricos". *Actas del XI Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. Castellón: Diputación, 1996.
- FERRIANI, B., BORGIOLI, L., RAGOZZINO, M. "Spicchi di Igloo di Mario Merz". *IV Congresso Nazionale IGIIIC Lo Stato dell'Arte 4*. Siena: IGIIIC, 2006.
- FIEUX, R.E. "Restoration technology for contemporary painting". *Leonardo*, vol. 15, nº 4, 1982.
- FLESCHER, S. "Conservators studying damage to recovered Munch paintings". *IFAR journal*, Vol. 9, n. 1, 2006.
- FONDAZIONE LUCIO FONTANA. © Fondazione Lucio Fontana 2010. <www.fondazioneLucioFontana.it>. [Consulta: 05/02/08].
- FOSKETT, S. "An Investigation into the Properties of Isinglass". *SSCR Journal*. November, vol. 5, nº 4. Scotland: SSCR, 1994.
- FRIEDMAN, A. "Plasticizing Gelatin with Aquazol® -50 or Klucel® GF". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca/symposium/2011/index-eng.aspx>. [Consulta: 20/03/12].
- FRØYSAKER, T. "The paintings of Edvard Munch in the Assembly Hall of Oslo University: their treatment history and the Aula-project". *Restaurator, Forum für Restauratoren, Konservatoren und Denkmalpfleger*, Vol. 113, n. 4, Juni, 2007.
- FRØYSAKER, T., LIU, M. "Four (of eleven) unvarnished oil paintings on canvas by Edvard Munch in the Aula of Oslo University: preliminary notes on their materials, techniques and original appearances". *Restaurator, Forum für Restauratoren, Konservatoren und Denkmalpfleger*, Januar/Februar, Vol. 115, n. 1, 2009.
- FUSTER LÓPEZ, L. *Estudio de la idoneidad de las masillas de relleno en el tratamiento de lagunas en pinturas sobre lienzo Evolución histórico-técnica y análisis*

físico-mecánico. Tesis doctoral inédita. Facultad BB.AA Universidad Politécnica de Valencia-Smithsonian Museum Conservation Institute, 2006.

G

- GAGNÉ, S. "JunFunori® and Water Based Media: A Comparative Investigation into Media Used to Inpaint Matte Surfaces" *Annual Student Conference*. [En línea]. Cambridge: Harvard University Art Museums, Straus Center for Conservation and Technical Studies, 2007. <www.ischool.utexas.edu/...>. [Consulta: 11/01/08].
- GALLARDO MONTERO, P. P. *Aspectos técnicos, teóricos y fundamentos del policloruro de vinilo (PVC) como soporte artístico e industrial*. Córdoba: Gallardo Montero, 1997.
- GALLEGO MONZONÍS, D. "Estudio de la idoneidad del Funori como consolidante de tejidos de seda degradados. Parte 2. Caracterización físico-mecánica". RIUNET [En línea]. Valencia: Riunet UPV, 2011. <<http://hdl.handle.net/10251/13941>>. [Consulta: 05/07/12].
- GARCÍA FERNÁNDEZ, I. *Conservación preventiva y la exposición de objetos y obras de arte*. Murcia: Ed. KR, 1999.
- GARCÍA FERNÁNDEZ-VILLA, S., SAN ANDRÉS MOYA, M. "El plástico como bien de interés cultural I". *PH*. Noviembre, nº 40/41. Sevilla: IAPH, 2002.
- GARCÍA FERNÁNDEZ, J., BOIX, O. *Edison-Aprendizaje basado en Internet*. [En línea]. <http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/luz.html#reflexion>. [Consulta: 22/08/07].
- GARCÍA GÓMEZ-TEJEDOR, J. "Sentado de color en una obra mate". *Boletín de Información Productos de Conservación S.A.* Octubre, Nº 41. Madrid: Productos de Conservación S.A., 1999.
- GARCÍA HERNÁNDEZ, G. "Un cas d'incompatibilitat de tècniques: Més prop, 1980, de Joan Genovés". *La conservació d'art contemporani. Casos d'estudi a partir de la Col.lecció Martínez Guerricabeitia de la Universitat de València*. Valencia: GMC, 2011.
- GARCÍA RODRÍGUEZ, M. "EducartE". *Dossiers IAPH*. Nº 10, Boletín 35 Junio. Sevilla: IAPH, Junta de Andalucía, 2001.
- GARDNER, SWARD. *Testing Manual. Physical and Chemical Examinations of Paints, Varnishes, Lacquers and Colors*. Philadelphia: ASTM, 1972.
- GASOL I FARGAS, R. M^a. "L'ús de la taula calenta en els tractaments de consolidació dels suports de tela". *VI Reunió Tècnica de Conservació i Restauració*. Barcelona: Grup Tècnic. Associació Professional dels Conservadors-restauradors de Catalunya, 1997.
- GCI. "Analysis of Organic Materials". [En línea]. *GCI News*. Summer, 12.2. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 1997. <www.getty.edu/conservation/publications/newsletters/12_2/gcinews5.html>. [Consulta: 31/01/05].
- GEIGER, T.,MICHEL, F. "Studies on the Polysaccharide JunFunori Used to Consolidate Matt Paint". *Studies in Conservation*. Vol. 50, Nº 3. London: IIC, 2005.

- GEIGER, T., REICHLIN, A., TEOH-SAPKOTA, G. "Funori, ein japanisches Festigungsmittel für Matte Malerei". *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*. N^o 16, 2002. [En línea]. <www.empa.ch/plugin/template/empa/*/20447/---/l=1>. [Consulta: 12/01/08].
- GEOSCOPIO. "Se amplía la gama de innovadores polímeros fluorados". *Geoscopio noticias*. 05/06/02. Copyright 2009©-Serina. [En línea]. <www.geoscopio.com/topicos/noticias.cgi?topico=me&idnoticias> [Consulta: 09/08/09].
- GENERALITAT VALENCIANA. *Estatut d'Autonomia de la Comunitat Valenciana*. Valencia: Generalitat Valenciana, 1984.
- GLASSON, M., SLOGGETT, R., SCHIESSER, C. "Pulling Adhesives Apart Using Cutting-edge Computational Chemistry". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].
- GÓMEZ GONZÁLEZ, M^a. L. *Examen científico aplicada a la conservación de obras de arte*. Madrid: Ministerio de Cultura, 1994.
 - GÓMEZ GONZÁLEZ, M^a. L. *La Restauración. Examen científico aplicada a la conservación de obras de arte*. Madrid: Cátedra, 2000.
 - GÓMEZ GONZÁLEZ, M^a. L. "Composición y características de adhesivos aplicados a la conservación-restauración". *Aplicación de adhesivos en el tratamiento de obras de patrimonio pictórico, documental, arqueológico y etnológico*. Sevilla : IAPH, 2001.
- GÓMEZ, M., CALOPA, P. "Tratamientos de restauración en obras de arte contemporáneo realizados en el Museo Nacional Reina Sofia". *V Congreso Internacional Patrimonio Cultural: Contexto y Conservación*. 9 al 13 de abril. La Habana: Centro Nacional de Conservación, Restauración y Museología, 2001.
- GÓMEZ PINTADO, A. "Restaurar el significado del oro". *Actas XV Congreso Conservación Restauración de Bienes Culturales*. [Cd-rom]. [Murcia]: Región de Murcia. Dirección General de Cultura, 2004.
 - GÓMEZ PINTADO, A. "El oro en la obra de Yves Klein: una nueva perspectiva para su restauración". *Actas 16th International Meeting on Heritage Conservation*. Valencia: Editorial UPV, 2006.
- GONZÁLEZ, E., LEAL, J. "Comportamiento de consolidantes de metales sometidos a envejecimiento acelerado". *Boletín IPHE*. Madrid: IPHE, 2008.
- GONZÁLEZ MAÑAS, J.M. *Curso de biomoléculas*. [En línea]. Dpto. Bioquímica y Biología Molecular. Universidad País Vasco. <www.ehu.es/biomoleculas/hc/sugar33.htm>. [Consulta: 20/09/08].
- GORINE, I. "Les causes de la destruction de la peinture moderne et les voix de sa prevention". *ICOM*, Madrid: ICOM, 1972.
- GRATTAN, D.W. "Parylene at the Canadian Conservation Institute: an initial survey of some application". *Preprints of the 9th triennial meeting of the ICOM Committee for Conservation*. Vol. 1. Dresden: ICOM, 1990.
- CARMEN GRAU. *Carmen Grau*, Web. ©Carmen Grau. <www.carmengrau.es>. [Consulta: 08/08/08].
- GRUPO GELITA. *The Gelatine Group*. [En línea]. <www.gelita.com/DGF-spanish/index.html>. [Consulta: 27/09/08].

- GUICHEN, G. *Climat dans le musée. Mesure, fiches, techniques*. Roma: ICCROM, 1990.
- GUDRUN, H. *Il Ciclododecano nel restauro di dipinti su tela e manufatti*. Quaderni del Cesmar7. Padova : Il Prato, 2008.

H

-
- HACKNEY, S. "Deterioration of modern painting canvas support". *Conservation of Contemporary Art*. Ottawam: 1980.
 - HACKNEY, S. "Paintings on canvas: lining and alternatives". [En línea]. *Tate Papers*. Autumn. London: Tate, 2004. <www.tate.org.uk/research/tateresearch/tatepapers/04autumn/hackney.htm>. [Consulta: 01/02/05].
 - HANGLEITER. *Cyclododecan*. <www.cyclododecane.net>. [Consulta: 01/09/09].
 - HANSEN, E. F., LOWINGER, R., SADOFF, E. Consolidation of porous paint in a vapor-saturated atmosphere [en línea]. *JAIC Online*, vol. 32, nº. 1, art. 1. Washington: American Institute for Conservation, 1993. <<http://aic.stanford.edu/jaic/articles/jaic32-01-001.htm>>. [Consulta: 18/12/03].
 - HANSEN, E. F., LOWINGER, R. "Materials and Methods for Consolidating Paint on Ethnographic Objects". (1990 WAAC Annual Meeting: Presentation Summaries). [En línea]. *WAAC Newsletter*, vol. 13, nº. 1, junio. Los Ángeles: WAAC, 1991. <<http://palimpsest.stanford.edu/waac/wn...>>. [Consulta: 27/01/05].
 - HANSEN. E. F., LOWINGER, R. "Investigations into techniques for the consolidation of high pigment volume concentration paint at the Getty Conservation Institute". [En línea]. *WAAC Newsletter*, vol. 12, nº 3, septiembre. Los Ángeles: WAAC, 1990. <<http://palimpsest.stanford.edu/waac/wn/wn12/wn12-3/wn12-307.html>>. [Consulta: 27/01/05].
 - HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Editors). *Matte Paint. Its history and technology, analysis, properties, and conservation treatment with special emphasis on ethnographic objects*. A Bibliographic Supplement to AATA. California: The Getty Conservation Institute, 1993.
 - HANSEN, E. F., WALSTON, S., BISHOP, M.H. (Editors)// BROWN, J. (Managing Editor). "Matte Paint. Its history and technology, analysis, properties, and conservation treatment with special emphasis on ethnographic objects". [En línea]. *WAAC Newsletter*, Vol. 18, nº 2, mayo. Washington: WAAC, 1996. <<http://palimpsest.stanford.edu/waac/wn/wn18/wn18-2/wn18-207.htm>>. [Consulta: 23/02/05].
 - HANSEN, E. F., VOLENT, P. "Short communication solvent sensitivity testing of objects for treatment in a vapor-saturated atmosphere". [En línea]. *JAIC Online*, vol. 33, nº 3, art. 7. Washington: American Institute for Conservation, 1994. <<http://aic.stanford.edu/jaic/articles/jaic33-03-007.html>>. [Consulta: 25/01/05].
 - HANSEN, E., BISHOP, M. "Conservation of painted archaeological and ethnographic objects". [En línea]. *GCI Newsletter*. Winter, 8.1. Los Ángeles: The Getty Conservation Institute, 1993.

<www.getty.edu/conservation/publications/newsletter/8_1/painted.html>. [Consulta: 25/01/05].

- HANSEN, E., BISHOP, M. "Factors Affecting the Re-Treatment of Previously Consolidated Matte Painted Wooden Objects" *Painted Wood*. Proceedings of a Wooden Artifacts Group of The AIC. Los Angeles: GCI, 1998.
- HANSEN, E., DERRICK, M., SCHILLING, M., GARCÍA, R. "The effects of solution application on some mechanical and physical properties of thermoplastic amorphous polymers used in conservation: Poly(vinyl acetate)s" *JAIC Online*. Vol. 30, nº 2. Copyright © 2002-2007 American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works. <<http://aic.stanford.edu/jaic/articles/jaic30-02-008.html>>. [Consulta: 15/05/06].
- HAUPT, M., DYER, D., HANLAN, J. "An Investigation Into Three Animal Glues". *The Conservator*. Nº 14. London: ICON, 1990.
- HEDLUND, H.P. "Synthetic Media for Consolidation: A Necessary Choice". *Sinne loco, sinne anno*.
- HEDLUND, H.P., JOHANSSON, M. "Prototypes of Lascaux's Medium for Consolidation. Development of a New Custom-made Polymer Dispersion for Use in Conservation". *Restauro*. 6. Munich: Restauro, 2005.
- HERNÁNDEZ MARTÍNEZ, A. "La restauración actual, entre el recycling y el lifting. (Algunas reflexiones sobre los límites de la conservación y restauración de Bienes Culturales al comienzo del nuevo milenio)". Ciclo conferencias "Miradas", Dpto. Historia del Arte de la Universidad de Zaragoza. Zaragoza: UZ, 2003.
- HERMERÉN, K. *Adhesiver för impregnering av maleri pa duk*. Tesis doctoral. University of Gothenburg, Institute of Conservation, Göteborg, Sweden, 1990. Abstract tesis. [En línea]. <[http://aata.getty.edu/nxt/gateway.dll/AATA/AATA-1/90003426.xml?f=templates\\$fn=document...](http://aata.getty.edu/nxt/gateway.dll/AATA/AATA-1/90003426.xml?f=templates$fn=document...)>. [Consulta: 15/01/04].
- HERRÁEZ, S.A., RODRÍGUEZ, LORITE, M.A. *Manual para el uso de aparatos y toma de datos de las condiciones ambientales en museos*. Madrid: Ministerio de Cultura (I.C.R.B.C.), 1989.
- HIGH ENERGY PHYSICS GROUP. [En línea]. Madrid: Universidad Complutense, 2007 <www.gae.ucm.es/fisatom/docencia/labofis/practicas/0506/prac10-0506.pdf>. [Consulta: 22/02/09].
- HILL, R. "Traditional paint from Papua New Guinea: context, materials and techniques, and their implications for conservation". *The Conservator*. Nº 25. London: United Kingdom Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 2001.
- HINCELIN, E., ROCHE, A. "Étude du comportement mécanique d'adhésifs synthétiques pour le montage d'œuvres à base de papier et de cire d'abeille blanchie". *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].
- HOENIGSWALD, A. "New Painting/New Surfaces: Nineteenth-Century Matte Paints" *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*: ZKK, Vol. 22, n. 2, 2008.
- HOFMANN, C., FLAMM, V., KADLEC, G., SCHREINER, M. "Farbschichtkonsolidierung. Von der Wirkung vernebelter Festigungsmittel auf matte Gouachefarben". *Papier Restaurierung*. Berlin: Beiträge, 2001.

- HONNEF, K. *Pop Art*. Köln: Taschen, 2006.
- HOPPMAN, A., SHUBERT, A. "Wasserschaden an einem Gemälde von Max Bill". *Beiträge*. Nº 1, Bonn: Verband der Restauratoren, 2005.
- HORIE, C.V. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*. London: Butterworth, Heinemann, 1987.
 - HORIE, C.V. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*. 2nd Edition. London: Butterworth, Heinemann, 2010.
 - HORIE, C.V. "Reversibility of Polymer Treatments". *Proceedings of the Symposium Resins in Conservation*. Edimburgo: University of Edinburgh, SSCR Publications, 1983.
- HOROVITZ, I. "The consolidation of paintings on copper supports". *Preprints 11th Triennial Meeting Committee for Conservation, ICOM*. Edimburgo: ICOM, 1996, pp. 276-281.
- HORTON-JAMES, D., WALSTON, S., ZOUNIS, S. "Evaluation of the estabily, appearance and performance of resins for the adhesion of flaking paint on ethnographic objects". *Studies in Conservation*. Vol. 36, n. 4. London: IIC, 1991.
- HOUGH, M. (Column Editor). "The Consolidation of Painted Ethnographic Objects". *Conference Reviews*. 11-29 June 1990, Getty Conservation Institute. [En línea]. *WAAC Newsletter*, vol. 12, nº. 3, septiembre. Los Ángeles: Western Association for Art Conservation, 1990. <<http://palimpsest.stanford.edu/waac/wn/wn12/wn12-3/wn12-308.html>>. [Consulta: 27/01/05].
- HOURS, M. *Analyse scientifique et conservation des peintures*. Suiza: Office du Livre, 1976.
- HOWELLS, R., BURNSTOCK, A., HEDLEY, G., HACKNEY, S. "Polymer Dispersions Artificially Aged". *Adhesives and Consolidants*. Preprints of the Contributions to the Paris Congress. London: IIC, 1984.
- HUNTSMAN. *Advanced materials*. [En línea]. Copyright © 2001-2011 Huntsman International LLC. <www.huntsman.com/advanced_materials>. [Consulta: 24/08/11].

I

- ICON. "The Sticking Point: Adhesives and Consolidants in Paintings Conservation". Icon Paintings Group Conference. National Portrait Gallery, London, 2011. [En línea]. <www.icon.org.uk/index.php?id=27&option=com_content&task...>. [Consulta: 15/05/11].
- ISCR. *TriSolv. Triangolo Interattivo dei solventi e delle solubilità*©. [En línea]. Proyecto desarrollado por: Maurizio Coladonato y Paolo Scarpitti. ISCR. MIBAC. <www.iscr.beniculturali.it/flash/progetti/TriSolv/TriSolv.html>. [Consulta: 10/01/12].
- IESMAT. [En línea]. <www2.iesmat.com/Tecnologias-Tamano%20de%20Poros.html>. Copyright © 2007 iesmat S.A. [Consulta: 23/03/09].
- ILLA MALVEHY, C. "El embalaje y el transporte del arte contemporáneo". *Actas IX Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. Sevilla: 1992.

- ILLA MALVEHY, C. "Miralda: del plástico al chocolate, problemática de conservación". *Actas XI Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. Castellón: Diputación, 1994.
- INCCA. INCCA Literature Database. [En línea]. Holanda: INCCA, 2005. <www.incca.org>. [Consulta: 23/03/06].
- INDUSTRIAS TITAN. *Ficha datos de seguridad 91/155/CE Acualux Blanco Satinado Cod. 0920800*. Industrias Titan, S.A.. El Prat de Llobregat, Barcelona. [17/07/06].
- INSTITUTO ANDALUZ DEL PATRIMONIO HISTÓRICO. "Metodología para la Intervención en el Patrimonio Histórico. Normalización de la documentación". Proyectos del IAPH. *PH*. Nº 47, año XII, febrero. Sevilla: Junta Andalucía, Consejería de Cultura, 2004.
- INVERNIZZI, S., MIANI, G. "Controllo diagnostico di una metodologia applicata nel consolidamento della pellicola pittorica". *L'attenzione alle superfici pittoriche. Atti Congresso CESMAR7*. Milano 2006. Saonara: Il Prato, 2008.
- I'ONS, A. "Friable ochre surfaces: further research into the problems of colour changes associated with synthetic resin consolidation" *ICCM bulletin*, Vol. 9, Nº 3-4. ICCM: 1983.
- IPPOLITO, J. "El Museo del Futuro: ¿una contradicción en los términos?". [En línea]. Traducción: Lorenza Donati. *Artbyte*, Junio-Julio. *Sine Loco*, José Luis Brea, 1998. <http://aleph-arts.org/pens/museo_futuro.html>. [Consulta: 16/08/04].

J

- JABLONSKI, E., LEARNER, T., HAYES, J., GOLDEN, M. "Conservation concerns for acrylic emulsion paints: A literature review". [En línea]. ©Golden Artist Colors, Conservation. © Golden Artist Colors, Inc. <www.goldenpaints.com/conservation/conservation.pdf>. [Consulta: 19/04/09].
- JABLONSKI, E., LEARNER, T., HAYES, J., GOLDEN, M. "The Conservation of Acrylic Emulsion Paintings: A literature review". [En línea]. *Tate Papers*. London: Tate, 2004. <www.tate.org.uk/research/tateresearch/tatepapers/...>. [Consulta: 01/02/05].
- JAGIC, R., BOGOVIC, S., CVETKOVIC, S. "Compatibility of traditional and synthetic consolidants for treating a 16th century polychrome polyptich". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].
- JASCO. "V-600 series" *Uv-Vis/NIR Spectrophotometer*. [En línea]. © 2007 Jasco Comparision Proven Spain. <www.jasco.spain.com/producto.php?prod=5>. [Consulta: 16/05/10].
- JIRAT-WASIUTYNSKI, V., TRAVERS NEWTON JR., H. "Absorbent grounds and the matt aesthetic in post-impressionist painting". *Painting Techniques: History, Materials and Studio Techniques*". Abstracts of the 17th International Congress Dublin. Dublin: IIC, 1998.
- JOHNSTON, R., FELLER. R. "Optics of Paint Films: Glazes and Chalking". Application of science in examination of works of art. Boston: Museum of Fine Arts, 1967.

- JOHNSTON, R., FELLER, R., BAILIE, W. "An analysis of the optics of paint glazes: Fading". *Science and technology in the service of conservation*. London: IIC, 1982.
- JORDAN, F. "Reverse Painting on Glass in the British Galleries" *V&C Conservation Journal*. N° 39, 2001. [En línea]. <www.vam.uk/res_cons/conservation/journal/number_39/rev>. [Consulta: 20/08/09].
- JUNG SIK, K. *Conservation facilities and environment of the National Museum of Contemporary Art, Korea*. Tokio: National Research Institute of Cultural Properties, 1990.

K

- KARPOWICZ, A. "A study on development of cracks on paintings". [En línea]. *JAIC Online*, vol 29, nº 2, art. 5. Washington: American Institute for Conservation, 1990. <http://aic.stanford.edu/jaic/articles/jaic29-02-005_idx.html>. [Consulta: 26/01/05].
- KARSTEN, I., DOWN, J. "The effect of adhesive concentration, reactivation time, and pressure on the peel strength of heat and solvent-reactivated Lascaux 360/498 HV bonds to silk". *ICOM 14th Triennial meeting*. The Hague, 12-16 September 2005. London: James & James, 2005.
- KEMP WEIDNER, M. "Treatment of Water Sensitive and Friable Media Using Suction and Ultrasonic Mist". *The Book and Paper Group. Annual*. Vol. 12. [En línea]. Washington: The American Institute for Conservation, 1993. <<http://aic.stanford.edu/sg/bpg/annual/v12/bp12-16.html>>. [Consulta: 24/09/07].
- KESSIER, A. "The application of aerosols for the consolidation of matte paint layers with consideration of the penetration of the consolidation medium". Abstract tesis doctoral. [En línea]. Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv und Bibliotheksgut-Höhenstrabe, 1997 <www.sabk.de/board/view_abstracts_en.php>. [Consulta: 15/11/06].
- KIND, S., BROWN, K. "An investigation of several fixatives for pastel works". *16th annual art conservation training programs conference*. Delaware: University of Delaware/Winterthur Museum Art Conservation Department, 1990. AATA Online. [En línea]. <<http://aata.getty.edu/NPS/>>. [Consulta: 23/06/05].
- KINDER, H., HILGEMANN, W. *Atlas Histórico Mundial II. De la Revolución Francesa a nuestros días*. Madrid: Istmo, 1992.
- KING, E., YODER, D. "What's new about filling, nyet! (Technical Exchange)". [En línea]. *WAAC Newsletter*, vol. 21, nº. 2, mayo. Los Ángeles: Western Association for Art Conservation, 1999. <<http://palimpsest.stanford.edu/waac/wn>>. [Consulta: 27/01/05].
- KLEIN, E. *Consolidation of matte paint films*. [Tesis inédita Art Conservation Program]. Ontario: Queen's University, 1991.
- KOOB, S.P. "Consolidation with acrylic colloidal dispersions". Preprints 9th annual meeting AIC, Philadelphia, Pennsylvania, 27-31 May 1981. Washington: AIC, 1981.
- KOLBE, G. "Gelatine. Eigenschaften und Auswahlkriterien in der Papierrestaurierung" *Papier Restaurierung*. Vol 2. Stuttgart: IADA, 2001.
- KOLESKE, J.V. (Ed.). *Paint and Coating Testing Material*. Philadelphia: ASTM, 1995.

- KOTLÍK, P. "Impregnation under low pressure". *Studies in Conservation*. Vol. 43, nº 1. London: IIC, 1998.
- KLOMPEN, E.T.J. *Mechanical properties of solid polymers. Constitutive modelling of long and short term behaviour*. Eindhoven: Ed. Eindhoven Technische Universiteit, 2005.
- KREMER PIGMENTE. Búsqueda: "Salianski-Kremer isinglass glue". [En línea]. <www.kremer-pigmente-de/shopint/info/en_international/63110e.htm>. [Consulta: 20/01/08].
 - KREMER PIGMENTE. Búsqueda: "Natural sources of glues". [En línea]. <www.kremer-pigmente-de/shopint/info/...>. [Consulta: 20/01/08].
- KURELLA, A. "Paintings in aqueous media on Late Gothic Retables. Problems and Possibilities regarding the Conservation of Matte and partially Monochrome Paint". *Untersuchung und Festigung von polychromen Bildwerken. Symposium 2005, Residenz München, Max-Josef-Saal*. [Programa en línea]. <www.restauratoren.de/pdf/programmshichten.rtf>. [Consulta: 21/01/05].

L

-
- LABORATORIOS RAYT. *Ficha técnica Látex Extra Brillante Conrayt*. Badalona: Laboratorios Rayt, S.A., 2005.
 - LABORATORIOS RAYT. *Ficha datos de seguridad Látex Extra Brillante Conrayt*. Badalona: Laboratorios Rayt, S.A., 2008.
 - LABORDA GRIMA, R., VELASCO ORTEGA, J. Valoración higiénica de contaminantes químicos en el medio laboral. San Sebastián: APA, 1996.
 - LACOSTA BERNA, J.M. *Seguridad e higiene en las operaciones de pintura*. San Sebastián: Asociación para la Prevención de Accidentes (APA), 1999.
 - LAMBOURNE, R., STRIVENS, T.A. (Ed.). *Paint and Surface Coatings. Theory and Practice*. 2nd Edition. Cambridge: Woodhead Publishing, 1999.
 - LANG, J. "Adhesives for Wax Artifacts: Investigation of Suitable Materials and Their Adhesion Properties via Tensile and Bending Tests". *Proceedings Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].
 - LASCAUX COLOURS & RESTAURO. *Aerosol Generating System AGS 2000 HS®*. [En línea]. Alois K. Diethelm AG, Lascaux Farbenfabrik. Zürichstrasse 42, CH-8306 Brüttisellen Switzerland: Lascaux Restauro, 2005. <http://www.lascaux.ch/english/restauro/pdf/7415_02.pdf>. [Consulta: 14/01/05].
 - LASCAUX COLOURS & RESTAURO. *Lascaux® Medium for Consolidation*. Brüttisellen Switzerland: Lascaux Restauro, 2011. [En línea]. <<http://lascaux.ch/en/index.php#>>. [Consulta: 14/05/2011].
 - LASCAUX COLOURS & RESTAURO. *Lascaux JunFunori®*. Web Lascaux. [En línea]. Brüttisellen: Lascaux Colours & Restauro, 2008. <www.lascaux.ch/english/restauro/pdf/58352.02_jun_funori.pdf>. [Consulta: 11/01/08].
 - LATRE, F., USÓ, J. *Química*. Castellón: Latre y Usó, 1991

- LAURENSEN, P. "Developing strategies for the conservation of installations incorporating Time-based Media: Gary Hill's Between Cinema and Hard Place". [En línea]. *Tate Papers*. Spring. London: Tate, 2004. <www.tate.org.uk/research/tateresearch/tatepapers/04spring/time_based_media.htm>. [Consulta: 01/02/05].
- LAZZARIS, A. "La gran risata di Alberto Burri". *Titolo*. Nº 24, artículo 06, Autunno 1997.
- LEARNER, T., SCHILLING, M., RIE, DE LA, R. "Modern paints: a new collaborative research project". [En línea]. *GCI Newsletter*, fall, vol. 17.3. Los Ángeles, The Getty Conservation Institute, 2002. <www.getty.edu/conservation/publications/newsletters/17_3/news_in_cons1.html>. [Consulta: 31/01/05].
- LEARNER, T. "A review of synthetic binding media in twentieth-century paints". *The Conservator*. Nº 24. London: United Kingdom Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 2000.
 - LEARNER, T. *Analysis of Modern Paints*. Los Ángeles: The Getty Conservation Institute, 2004.
- LECHUGA, K. "Aquazol-Coated Reimostenable Mending Tissues". *Proceedings Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].
- LEHNINGER, NELSON, COX. *Principios de bioquímica*. Barcelona: Omega, 1995.
- LEREDE, R., MELICA, D., ALBANESE, G. "Il restauro dell'arte contemporanea. Il gran teatro del cuore lago di Uccio Biondi". *Atti Congresso Colore e Conservazione CEMAR7*. Milano 2008. Saonara: Il Prato, 2009.
- Ley 16/1985, 25 de junio de Patrimonio Histórico Español, y Real Decreto nº 111/1986, de 10 de enero, de desarrollo parcial de la ley. Ministerio de Cultura. <www.mcu.es/legislacion/patri/pdf/ley16-1985.pdf>. [Consulta: 26/04/05].
- Ley Orgánica 1/2006 de 10 de abril de Reforma de la Ley Orgánica 5/1882 de 1 de julio de Estatuto de Autonomía de la Comunidad Valenciana.
 - Ley 7/2004, de 19 de octubre, de la Generalitat Valenciana de modificación de la Ley 4/1998, de 11 de junio de Patrimonio Cultural Valenciano (DOGV, nº 4.867, 21-10-04).
 - Ley Orgánica 15/1999, 13 de Diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD). <www.lopd.com/legislacion/protectdatos/protectdat.html>. [Consulta: 02/05/05].
- LINDNER, S., VITORIA, A., ALBA, L. *Anselm Kiefer at the Guggenheim Museum Bilbao: Towards a New Methodology for the Preventive Conservation of Contemporary Artworks*. [En línea]. Bilbao: FMGB Guggenheim Bilbao, 2007. <www.guggenheim-bilbao.es>. [Consulta: 01/01/08].
- *Llei Orgànica 5/1982, de 1 de juliol, d'Estatut d'Autonomia de la Comunitat Valenciana* (BOE, nº 164, de 10 de julio).
- LLAMAS, R., REINA, A., "The Combined use of the Ultrasonic Atomizer With Low-Pressure Micro Table in the Consolidation of Contemporary Paintings". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

- LLUSAR, M., MONRÓS, G., TENA, M.A., ESTEVE, V., BADENES, J.A. *La síntesi de pigments ceràmics com a pràctica integral en el laboratori de Química Inorgànica de l'estat sòlid*. Laboratori Avançat en Química IV. Química Inorgànica. Castellón: UJI, 2009.
- LÓPEZ, T. "Restauración de la obra de Rafael Baixeras en el Centro Galego de Arte Contemporáneo". *Actas I Congreso del GEIIC. Conservación del patrimonio: evolución y nuevas perspectivas*. Valencia: Grupo Español del IIC, 2002.
- LÓPEZ BALLESTER, E. Estudio analítico y desarrollo de métodos de intervención conservativa de vidrio arqueológico (siglos XV-XVII) de la Comunidad Valenciana. Tesis doctoral inédita. Facultad BB.AA. Universidad Politécnica de Valencia, 1999.
- LÓPEZ BELTRÁN DE HEREDIA, C. *La Ley Valenciana de Patrimonio Cultural*. Ley 4/1998, de 11 de junio, del Patrimonio Histórico-Artístico. Normas reguladoras del patrimonio cultural valenciano. Valencia: Tirant lo Blanch, 1999.
- LOPEZ GUERRA, L. (Ed.). *Constitución Española*. Madrid: Tecnos, 1989.
- LORNE, A. *Report of the Matte Paint Project. Phase 2*. Amsterdam: Instituut Collectie Nederland, 1996.
 - LORNE, A. "An approach to the problems of consolidation of matte paint layers in ethnographic collections". *Het behoud vat etnografische collecties*. Amsterdam: Centraal Laboratorium voor Onderzoek naar Voorwerpen van Kunst en Wetenschap, 1995.
- LUBICK, A. "Conservation Treatment of Tracing Paper Survey Results". 3/99. COOL, *Conservation OnLine*. [En línea]. Stanford: Preservation Department of Stanford University Libraries: 2004. <<http://palimpsest.stanford.edu/byauth/lubick/tracing.html>>. [Consulta: 22/0705].
- LUCIE-SMITH, E. *Artes Visuales en el siglo XX*. Colonia: Könemann, 2000.

M

- MACARRÓN MIGUEL, A. M^a, GONZÁLEZ MOZO, A. *La conservación y la restauración en el siglo XX*. Madrid: Tecnos, 2012.
- MACARRÓN MIGUEL, A. "La restauración del arte contemporáneo y los derechos de autor". *Revista de museología*. Nº 4. Madrid: Asociación Española de Museólogos, 1999.
- MACROGALLERIA. *A Cyberwonderland of Polymer Fun*. [En línea]. "Cristalinidad de los polímeros". Hattiesburg: University of Southern Mississippi USA, Department of Polymer Science, Copyright© 1995-1996 <www.psrc.usm.edu>. y <<http://pslc.ws/spanish/crystal.htm>>. [Consulta: 09/05/09].
- MAHEUX, A.F., McWilliams, W. "The Use of Ultrasonic Mister for the Consolidation of Flaking Pigment on Gouache of Art on Paper". *Book and Paper Group Annual*. 14. [En línea]. Washington D.C.: AIC, 1995. <<http://aic.stanford.edu/sg/bpg/annual/v14/bp14-03.html>>. [Consulta: 21/04/06].
- MAGÁN PERALES, J. M^a. "El binomio 1998-1999: las nuevas legislaciones autonómicas sobre Patrimonio Histórico y su incidencia en el ámbito de la conservación y restauración de bienes culturales". *Actas Congreso Conservación Restauración de Bienes Culturales*. [cd-rom]. [CCR], 2000.

- MAGANZI, A. M. “Opere d’arte agli “inferi””. (Recerca di soluzioni a particolari problemi di restauro ed esperienze empiriche in laboratorio). (Versión Online, Seminario “Il Restauro dell’Arte Moderna e Contemporanea” realizado en Bolonia en 2001). <www.bologna-restauratori.it/download/scicolone.pdf>. [Consulta: 22/05/2002].
- MAGEE, C. “The treatment of severely deteriorated enamel”. *ICOM 12th Triennial Meeting*. Vol. 18, nº 2. Lyon: ICOM, 1999.
- MARITATO, R., SNIDER, D. “Controllo diagnostico di una metodologia applicata nel consolidamento della pellicola pittorica”. *L’attenzione alle superfici pittoriche. Atti Congresso Colore e Conservazione CESMAR7*. Milano 2006. Saonara: Il Prato, 2008.
- MARRION, A.R. *The Chemistry and Physics of Coatings*. 2nd Edition. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2004.
- MARTÍN MARTÍNEZ, J. M. *Adhesión de polímeros y elastómeros mediante adhesivos de contacto*. Alicante: Universidad de Alicante, 1993.
 - MARTÍN MARTÍNEZ, J. M. *Adhesivos Vol. I*. Alicante: Universidad de Alicante, 2001.
- MARTÍN MARTÍNEZ, J. M., MARTÍN REY, S. *Adhesión y adhesivos en intervención de pintura sobre lienzo*. Valencia: UPV, 2008.
- MARTÍN REY, S. *Investigación en el campo de las técnicas de reentelado conducente a la obtención de forraciones transparentes en pintura sobre lienzo: historia, materiales y métodos*. Tesis doctoral inédita. Facultad de Bellas Artes de la Universidad Politécnica de Valencia, 2003.
- MARTÍN RODRÍGUEZ, A.L., HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, R. “Análisis, tratamiento y conservación de escultura contemporánea realizada en hierro y duraluminio”. *Actas IX Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. Sevilla: 1992.
- MARTÍNEZ, G. “Los polímeros en la conservación y restauración de obras de arte”. *Revista de plásticos modernos*. Nº 91, enero. Madrid: Focitec, Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros – CSIC, 2006.
- MARTÍNEZ JUSTICIA, M^a.J., SÁNCHEZ-MESA MARTÍNEZ, L. *La restauración de los bienes culturales en los textos normativos*. Granada: Ed. Comares, 2009.
- MARTÍNEZ LÁZARO, I. “Un cas de difícil solució: *Aïllament M/ A*, 1973, d’Anzo”. *La conservació d’art contemporani. Casos d’estudi a partir de la Col.lecció Martínez Guerricabeitia de la Universitat de València*. Valencia: GMC, 2011, p. 35.
- MAS GARCÍA, M^a T. “Estudio de la compatibilidad entre adhesivos biodegradables y polímeros sintéticos en tratamientos de consolidación de pintura de caballete”. RIUNET [En línea]. Valencia: Riunet UPV, 2011. <<http://hdl.handle.net/10251/13981>>. [Consulta: 05/07/12].
- MASSON, O., RITTER, M. “Fräulein Huth” and the red seaweed: Consolidation of a collage by Kurt Schwitters with JunFunori®”. *The Paper Conservator*. Vol. 28. Washington: Routledge, AIC, 2004.
- MASSCHELEIN-KLEINER, L. *Liants, vernis et adhésifs anciens*. Bruselas: KIK-IRPA, 1983.
 - MASSCHELEIN-KLEINER, L. *Les solvants*. Bruselas: KIK-IRPA, 1994.

- MATTEI, M. "The Florence museum of contemporary art in the old Galileo Factory". *Ironworks and iron monuments, study conservation and adaptive use*. A symposium 23-25-X-1984. Roma: ICCROM, 1985.
- MATTEINI, M., MOLES, A. *Ciencia y restauración. Método de investigación*. Guipúzcoa: Nerea, 2001.
- MATSUHIRO, B., G. MILLER, L. "Soluble polysaccharides from *Rhodymenia*: Characterization by FT-IR Spectroscopy" *Boletín de la Sociedad Chilena de Química*. Nº 47, Santiago de Chile: Sociedad Chilena de Química, 2002.
- MAYER, R. *Materiales y técnicas del arte*. Madrid: Hermann Blume, 1985.
- MAYER, L., MYERS, G. "American impressionism, matteness, and varnishing". *Journal of the American Institute for Conservation (JAIC)*. Fall/Winter, vol. 43, nº 3. Washington: JAIC, 2004.
- MCGLINCHEY, C., PLOEGER, R., COLOMBO, A., SIMONUTTI, R., PALMER, M., CHIANTORE, O., PROCTOR, R., LAVÉDRINE, B., DE LA RIE, R. "Lining and Consolidating Adhesives: Some of New Developments and Areas of Future Research". *Proceedings Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].
- MECKLENBURG, M.F. *Some aspects on the mechanical behavior of fabric supported painting*. Washington: Smithsonian Institution, 1982.
 - MECKLENBURG, M.F. *Meccanismi di cedimento nei dipinti su tela: approcci per lo sviluppo di protocolli di consolidamento. Failure mechanisms in canvas supported paintings: approaches for developing consolidation protocols*. Padova: Il Prato, 2007.
 - MECKLENBURG, M.F. "Micro Climates and Moisture Induced Damage to Paintings". *Museum Microclimates*. National Museum of Denmark, 2007.
- MECKLENBURG, M.F., LÓPEZ FUSTER, L. "Meccanismi di cedimento nei dipinti su tela: approcci per lo sviluppo di protocolli di consolidamento". *Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutarne l'efficacia*. Atti del congresso CESMAR 7 Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2006.
 - MECKLENBURG, M.F., LÓPEZ FUSTER, L. *Estudio de la pintura de caballete: Comportamiento estructural y mecanismos de degradación*. Valencia: Ed. UPV, 2009.
 - MECKLENBURG, M.F., LÓPEZ FUSTER, L. *Estudio de las propiedades mecánicas y dimensionales de los materiales pictóricos*. Apuntes y textos complementarios. Valencia: Ed. UPV, 2009.
 - MECKLENBURG, M.F., LÓPEZ FUSTER, L. *Estudio de las propiedades mecánicas y dimensionales de los materiales pictóricos*. Diapositivas. Valencia: Ed. UPV, 2009.
- MELODIA, F.R., MELICA, D., CATALDO, C. "Il restauro dell'arte contemporanea. Analisi, studio e restauro di un'opera di Ezechiele Leandro". *L'Attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutarne l'efficacia*. Atti del congresso CESMAR 7 Milano, 2008. Padova: il Prato, 2009.
- MICHALSKI, S., DIGNARD, C., VAN HANDEL, L., ARNOLD, D. "The Ultrasonic Mister. Applications in the Consolidation of Powdery Paint on Wooden Artifacts".

- Painted Wood: History and Conservation. Proceedings. Symposium* [En línea]. Virginia November 1994. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 1998. <www.getty.edu/conservation/publications/pdf_publications/paintedwood6.pdf>. [Consulta: 24/09/07].
- MICHALSKI, S. "Un modello fisico del processo di consolidamento, applicato principalmente ai dipinti" *Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutarne l'efficacia. Atti del congresso CESMAR 7* Milano, 2006. Padova: il Prato, 2008.
 - MICHEL, F. "JunFunori-A new medium for the consolidation of matte paint". *Symposium 2005, Residenz München, Max-Josef-Saal*. [Programa en línea]. <www.restauratoren.de/pdf/programmshichten.rtf>. [Consulta: 21/01/05].
 - MICHEL, F. "Funori and JunFunori: Two Related Consolidants With Surprising Properties". *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca/symposium/2011/index-eng.aspx>. [Consulta: 20/03/12].
 - MICHEL, F., GEIGER, T., REICHLIN, A., TEOH-SAPKOTA, G. "Funori, ein japanisches Festigungsmittel für Matte Malerei". *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*. Nº 16, 2002. [En línea]. <www.empa.ch/plugin/template/empa/*/20447/---/l=1>. [Consulta: 12/01/08].
 - MICKSCH, K. *Colas y masillas. Manual sobre la fabricación y empleo de los encolantes y adhesivos modernos*. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, 1944.
 - MILLS, J.S., WHITE, R. *The organic chemistry of museum objects*. London: The National Gallery-Butterworth Heinemann, 1994.
 - MINISTERIO DE CULTURA. *Ley de Propiedad Intelectual de España. Real Decreto legislativo 1/96*. Madrid: Boletín Oficial del Estado, 1996.
 - MIRDERIKVAND, G., DOUTRE, M., MURRAY, A., FUSTER-LÓPEZ, L., YUSÀ-MARCO, D.J., MECKLENBURG, M.F. "Adhesives in the Formulation of Filling Materials for Easel Paintings: Requirements, Suitability, and Stability". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca/symposium/2011/index-eng.aspx>. [Consulta: 20/03/12].
 - MITKA, W. "Portable mini low-pressure apparatus for the treatment of paintings". *Studies of Conservation*. Nº 30. London: IIC, 1985.
 - MNCARS. *Alberto Burri*. [En línea]. Madrid, © Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, 2009 <www.museoreinasofia.es/exposiciones/2006/alberto-burri.html>. [Consulta: 05/02/08].
 - MOFFATT, E.A., MILLER, D. "Spectroscopic and chromatographic analysis of selected paintings from the Parisian period of Paul-Émile Borduas". *Journal of the International Institute for Conservation-Canadian Group*, Vol. 19. Ottawa: CCI, 1994.
 - MONRÓS, G. (Et. Al.). *El color de la cerámica: nuevos mecanismos en pigmentos para los nuevos procesados de la industria cerámica*. Castellón: Publicaciones de la UJI, 2003.
 - MONTAGNA, G. *I Pigmenti. Prontuario per l'arte e il restauro*. Firenze: Nardini Editore, 1993.
 - MONTORSI, P. "Materiali industriali/Materiali neoantichi: Boccioni, Severini, De Chirico". *Kermes*. Vol. 1. Roma: Nardini Editore, 1988.

- MORENO RIVERO, T. *El color. Historia, teoría y aplicaciones*. Barcelona: Ariel, 1996.
- MORGAN, J. *Conservation of Plastics*. London: The Conservation unit of the Museums & Galleries Commission and the Plastics Historical Society, 1991.
- MOTTA JUNIOR, E. *La utilización del sistema colorimétrico CIE L*a*b* en la evaluación de los barnices y sistemas de barnizado empleados en la restauración de pinturas: con referencia adicional al brillo, solubilidad y apariencia*. Tesis doctoral inédita. Facultad BB.AA. Universidad Politécnica de Valencia, 2004.
- MUNCH MUSEET. "The Human Mountain. (Towards the light)". © Copyright The Munch Museum 1999-2010. [En línea]. Oslo: Munch Museet, 2010. <www.munch.museum.no/content.aspx?id=85&mid=&lang=en>. [Consulta: 17/04/10].
 - MUNCH MUSEET. "Journal 3: Treatment of "The Sun", consolidating paint". © Copyright The Munch Museum 1999-2010. [En línea]. Oslo: Munch Museet, 7/11/2005. <www.munch.museum.no/content.aspx?id=80&mid=76>. [Consulta: 17/04/10].
- MUÑOZ VIÑAS, S. *Teoría contemporánea de la restauración*. Madrid: Editorial Síntesis, 2003.
- MUSEO VOSTELL MALPARTIDA. Biografía. [En línea]. Malpartida (Cáceres). <www.museovostell.org/biografia.htm>. [Consulta: 29/08/11].
- MUSEU D'ART CONTEMPORANI DE BARCELONA MACBA. Estudio sobre los efectos de la iluminación. Proyecto Artlux. Programa europeo "Leonardo da Vinci". <www.comune.firenze.it/servizi_publici/scuola/iti-net/artlux/>. [Consulta: 27/05/05].
- MUSEO DE ARTE CONTEMPORÁNEO DE VILAFAMÉS. VICENTE AGUILERA CERNI [En línea]. Generalitat Valenciana. <www.cult.gva.es/museovilafames/data/data/es03.htm>. [Consulta: 21/02/07].

N

- NATURAL PIGMENTS. ©2005-2011, Natural Pigments. Willits, CA. <www.naturalpigments.com>. [Consulta: 01/07/11].
- NESSI, A., ROSSIGNOLI, G., SALVIOLI, N. "Sperimentazioni tecniche di restauro e conservazione dei cuoi del Museo Stefano Bardini". *Atti del Congresso "Lo Stato dell'Arte 4"* IGIIC, Siena. Firenze: Nardini Editore, 2006.
- NGA. *Mark Rothko*. [En línea]. <www.nga.gov/feature/rothko>. Copyright © 2011 National Gallery of Art, Washington, DC. [Consulta: 02/08/08].
- NICHOLSON, J.W. *The Chemistry of Polimers*. Middlesex: The Royal Society of Chemistry, Ed. Paperbacks, 1991.
- NICOLAUS, K. *Manual de restauración de cuadros*. Köln: Könemann, 1999.
- NÚÑEZ GUERRERO, C. "Guillermo Pérez Villalta". *Dossiers IAPH*. Nº 10, Boletín 35 Junio. Sevilla: IAPH, Junta de Andalucía, 2001.

O

- ORTEGA DOMÉNECH, J. “Aspectos Técnico-jurídicos en la conservación y restauración del arte contemporáneo”. [En línea]. *Revista General de Legislación y Jurisprudencia*. Nº 10, Diciembre. Barcelona: Ed. Reus, 2000. <http://premium.vlex.com/doctrina/resultados.asp?query_doc=192587&oferta=promocionweb#>. [Consulta : 03/02/05].
- OSETE-CORTINA, L., DOMÉNECH CARBÓ, M^a. T. “Characterization of acrylic resins used for restoration of artworks by pyrolysis-silylation-gas chromatography/mass spectrometry with hexamethyldisilazane”. *Journal of Chromatography A*. Vol. 1127, Issues 1-2, 15 September. Elsevier, 2006.
- OSRAM SYLVANIA. “Specialty Lighting”. Sylvania Brilliant Light™. © 1999 OSRAM SYLVANIA. [En línea]. <www.sylvania.com.ar>. [Consulta: 24/09/10].
- OSRAM SYLVANIA. “Specialty Lighting”. Sylvania Brilliant Light™. © 1999 OSRAM SYLVANIA. [En línea]. <www.sylvania.com.ar/lamparas-fluorescentes_tris.htm>. [Consulta: 24/09/10].
- OSRAM SYLVANIA. “F15W T8 BLB”. © 1999 OSRAM SYLVANIA. [En línea]. <www.sylvania-lamps.com/Sylvanialamps/PDS.aspx?lang=en&pn=18iid=Syl77#>. [Consulta: 24/09/10].
- OWEN, A., DANZING, R. “The History and Treatment of the Papyrus Collection at The Brooklyn Museum”. *The Book and Paper Group Annual*. Vol. 12. Washinton: The American Institute for Conservation, 1993.

P

- PADRÓS, S., PRATS, R., RAMÍREZ, V. “La restauració de l’art contemporani. Entrevista amb Sílvia Noguera, directora del Servei de Conservació-Restauració del MACBA”. *Unicum. Revista de la Escola Superior de Conservació i Restauració de Béns Culturals de Catalunya*. Nº 0. Barcelona: ESCRBCC, 2001.
- PÁEZ-CAMINO, F. *Democracias y dictaduras en los años treinta*. Madrid: Síntesis, 1992.
- PALET, A. Estudio científico de materiales empleados en la conservación restauración de la obra de Joan Miró. *Actas IX Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. Sevilla: 1992.
 - PALET, A. “Identificación de materiales pictóricos en la obra del pintor contemporáneo Salvador Dalí”. *Actas IX Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. Sevilla: 1992.
- PANADERO, E., VANRELL, J., GRANDMONTAGNE, C. *Biología*. Madrid: Bruño, 1990.
- PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C. “Legislación española e intervención de obras contemporáneas”. *Actas 16th International Meeting on Heritage Conservation*. Valencia: Editorial UPV, 2006.

- PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C. "Pintura Contemporánea: una aproximación hacia los materiales, principales alteraciones y causas de degradación". *Unicum*. Nº 6, mayo. Barcelona: Unicum, 2007, pp. 104-114.
- PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C. "Materiales, alteraciones y causas en pintura actual". PÓSTER. XII Congresso da ABRACOR. Fortaleza, agosto 2006.
- PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C. "Intervenciones de adhesión y consolidación de capas pictóricas no protegidas en pintura contemporánea. Resultados del cuestionario". *Conservación de Arte Contemporáneo. 9ª Jornada*. Madrid: MNCARS, 2008.
- PASTOR VALLS, M^a T., PÉREZ GARCÍA, C., PÉREZ MIRALLES, J. "Análisis y aplicaciones del nebulizador por ultrasonidos sobre obra pictórica y gráfica". *Unicum*. Nº 7, mayo. Barcelona: ACCARC, 2008.
- PASTOR VALLS, M^a T., PELLICER BAREA, A. "Les coordenades de la conservació i restauració d'art contemporani". *La conservació d'art contemporani. Casos d'estudi a partir de la Col.lecció Martínez Guerricabeitia de la Universitat de València*. Valencia: GMC, 2011, pp. 9-19.
- PASTOR VALLS, M^a T., PELLICER BAREA, A. "Un cas de fixació en acabats mat. Massacre II, 1975, de José Ortega". *La conservació d'art contemporani. Casos d'estudi a partir de la Col.lecció Martínez Guerricabeitia de la Universitat de València*. Valencia: GMC, 2011.
- PATAKI, A. "Einflussgrößen auf den Farbeindruck von pudernden Malschichten beim Konsolidieren mit Aerosolen" Tesis doctoral. [En línea]. Stuttgart: Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, 2005. <www.insideinstallations.org/OCMT/mydocs/Research%20Project%20Pataki%20PhD.pdf>. [Consulta: 12/08/07].
- PATAKI, A. "Adhesivos aplicados a la restauración de papel" Instituto Valenciano de Conservación Restauración de Bienes Culturales. Curso 10-14 de septiembre de 2007.
- PATAKI, A. "Consolidation of white chalk with aerosols". *ICOM 14th Triennial meeting*, The Hague, 12-16 September 2005. London: James & James, 2005.
- PATAKI, A., FAUBEL, W., HEISLER, S., BANIK, G. "Consolidation with aerosols on a modern art object" *Symposium der Fachgruppe Moderne Kunst-Kulturgut der Moderne de VDR*. Köln: Museum Ludwig, 2004.
- PATAKI, A., FAUBEL, W., HEISLER, S., BANIK, G. "Farbstabilisierung eines modernen Kunstobjekts mit Aerosolen". *Beiträge zur Erhaltung von Kunst-und Kulturgut*. Nº 2. Bonn: Verband der Restauratoren: 2005.
- PEDRAGOSA GARCÍA, N. "Inicis de la fabricació i el comerç dels suports de tela". *Unicum*. Nº 7, Mayo. Barcelona: ACARC, 2008.
- PEDROLA, A. *Materiales, procedimientos y técnicas pictóricas*. Barcelona: Ariel, 1998.
- PEÑAS, J. "La luz y sus propiedades. Reflexión". *Educaplus* 2007. [En línea]. <www.educaplus.org/luz/reflexion.html>. [Consulta: 17/08/07].
- PÉREZ MARÍN, E. *Estudio técnico y conservativo del retablo barroco valenciano aplicado al desarrollo de nuevos métodos de desinsectación de la madera:*

- radiación con microondas*. Tesis doctoral, defendida en 2005 Facultad BB.AA. Universidad Politécnica de Valencia, [Cd-Rom]. Valencia: Editorial U.P.V., 2006.
- PÉREZ MIRALLES, J. *Restauración de obras de gran formato sobre soporte textil. Experimentación y metodología*. Tesis doctoral inédita. Facultad BB.AA. Universidad Politécnica de Valencia, 2003.
 - PÉRIER-D'ETEREN, C. *La restauration en Belgique de 1830 á nos jours*. Liège : Mardaga, 1991.
 - PERIS VICENTE, J. *Estudio analítico de materiales empleados en barnices, aglutinantes y consolidantes en obras de arte mediante métodos cromatográficos y espectrométricos*. Tesis doctoral. Valencia: Servei de Publicacions UPV, 2008.
 - PERRY, R. "The conservation of modern paintings on acquisition". A *One Day Symposium*. Londres: Tate Galery & United Kingdom Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 1982.
 - PERRY, R., HACKNEY, S. "The ageing of modern painting materials: a survey of conservation problems and some approaches". *Apollo*. Vol. 136/365. *Sine loco*, 1992.
 - PERRY, R., TOWNSED, P. "Conservation of modern oil paintings on paper". *Conference Papers Manchester*. London: Institute of Paper Conservation, 1992.
 - PETUKHOVA, T., BONADIES, S. D. "Sturgeon glue for painting consolidation in Russia". [En línea]. *JAIC Online*, vol. 32, nº. 1, art. 3. Washington: American Institute for Conservation, 1993. <<http://aic.stanford.edu/jaic/articles/jaic32-01-003.html>> [Consulta: 18/12/03].
 - PETUKHOVA, T. "Potential Applications of Isinglass Adhesive for Paper Conservation" *The 1989 Book and Paper Group Annual*. Washington: AIC, 1989.
 - PETUKHOVA, T. "A History of Fish Glue as an Artist's Material: Applications in Paper and Parchment Artifacts". *The Book and Paper Group Annual Volume*. Nº 19. Washington: AIC, 2000.
 - PINO DEL, C. "El Arte Contemporáneo. La asignatura pendiente de la conservación y restauración del patrimonio artístico". Nº 75, Abril. *R&R*. Madrid: América Ibérica, 2003.
 - PIRAZZOLI, N. *Teorie e storia del restauro*. 1994.
 - PIVA, G. *L'arte del restauro. Il restauro dei dipinti nel sistema antico e moderno*. Milán: Ulrico Hoepli, 1966.
 - PMG. [En línea]. UV. <www.fguv.org/pmg>. [Consulta:16/03/09].
 - POHORILJAKOVA, I., MOY, S. "Adhesive Testing at Kaman-Kalehöyük". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].
 - POLYMER CHEMISTRY INNOVATIONS. Web. "Aquazol". © Polymer Chemistry Innovations, Inc. [En línea]. <www.polychemistry.com/products_aquazol.php>. [Consulta: 11/08/09].
 - POLYEVRT. Proyecto. *Evaluación de productos utilizados en Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. [En línea]. ©Ministerio de Cultura. <www.mcu.es/patrimonio/MC/POLYEVRT/index.html>. [Consulta: 20/08/11].

- PORTA, E. "Procedimientos pictóricos utilizados por Joan Miró". *Actas II Congreso Conservación Restauración de Bienes Culturales*. [cd-rom]. [Valencia]: E. Porta, 1996.
- POSITANO, M., POLI, T. "La valutazione dei prodotti per il consolidamento superficiale: Proposta di un protocollo di prove". *Il consolidamento degli apparati architettonici e decorativi: conoscenze, orientamenti, esperienze*: atti del convegno di studi, Bressanone, 10-13 luglio 2007. Venezia: Arcadia Ricerche, 2007.
- POTOFF, L. "The problems of modern art". *ICA Newsletter*. Washington: ICA, 1980.
- PRAGUE, C.N. E IRWIN, M.R. *El libro de Access 2000*. Madrid: Anaya, 1999.
- PRESERVATION EQUIPMENT, Ltd. (PEL). [En línea]. <<http://store.preservationequipment.co.uk/show-product.cfm?p=208>>. Norfolk, England. [Consulta: 14/02/05]. <www.pel.eu>. [Consulta: 27/04/12].
- PRIETO-COLORADO, FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, GONZÁLEZ-REBOLLO. *Goya: base de datos de pigmentos*. [En línea]. <<http://goya.fmc.cie.uva.es/Pigmentos>>. Departamento de Física de la Materia Condensada, Cristalografía y Mineralogía, UVA. [Consulta: 14/02/10].
- PUGLIESE, M. *Tecnica mista. Materiali e procedimenti nell'arte del XX secolo*. Milán: Bruno Mondadori, 2006.
 - PUGLIESE, M. "Los materiales sintéticos en el arte contemporáneo". Año X, N° 30. *Kermes, Conservación y Restauración*. Fiesole Nardini Editore, 1997.
- PUGLIESE, M., CREMONESI, P., FERRIANI, B., IACCARINO, A., SERINO, C. "The restoration of a painting by Umberto Boccioni". *ARC, Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação*. Vol. 1, nº 3. Olinda: AERPA Ed., 2007.

Q

- QUANDT, A.B. "Recent Developments in the Conservator of Parchment Manuscripts". *The Book and Paper Group ANNUAL*. Vol. 15. [En línea]. Washington: The American Institute for Conservation, 1996. <<http://aic.stanford.edu/sg/bpg/annual/v15/bp15-14.html>>. [Consulta: 24/09/07].
- QUILLEN LOMAX, S., SCHILLING, M.R., LEARNER, T. "The Identification of Synthetic Organic Pigments by FTIR and DTMS". *Modern Paints Uncovered*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2007.

R

- RAILLARD, G. *Conversaciones con Miró*. Barcelona: Gedisa, 1993.
- RAJ MEHRA, V. *Foderatura a freddo. I testi fondamentali per la metodologia e la pratica*. Fiesole: Nardini Editore, 1995.
- RAMBLA ZARAGOZÁ, W. *Una Aproximació a la Teoria de l'Art Contemporani*. Castellón: Servei de Publicacions de la Universitat Jaume I, 1996.
- RAMOS SAN PEDRO, D. "Estudio del efecto del envejecimiento de tres adhesivos usados en la consolidación de pintura mate contemporánea: influencia de la

- metodología de aplicación*". RIUNET [En línea]. Valencia: Riunet UPV, 2011. <<http://hdl.handle.net/10251/14162>>. [Consulta: 05/07/12].
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la Lengua Española. 21 Edición. Tomo I y II. Madrid: Ed. Espasa-Calpe, 1998.
 - Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de Abril. Texto refundido Ley Propiedad Intelectual.
 - Real Decreto 1326/2003 de 24 de Octubre de Estatuto del Becario de Investigación (BOE nº 263 de 3 de noviembre).
 - Real Decreto 63/2006 de 27 de febrero de Estatuto del Personal Investigador en Formación (BOE nº 29 de 3 de febrero de 2006).
 - RECUERDO, M. *Ingeniería Acústica. Sine loco*: Editorial Paraninfo, 1995.
 - REEDY, T.J., REEDY, C.L. *Statistical analysis in Art conservation research*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 1988.
 - REEDY, T.J., REEDY, C.L. *Principles of Experimental Design Conservation Research*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 1992.
 - RICKERBY, D., MATTHEWS, A. (Ed.). *Advanced surface coatings. A Handbook of Surface Engineering*. New York: Blackie & Son, 1991.
 - RICO MARTÍNEZ, L. "Joan Miró en el MNCARS: técnicas, materiales y problemas de conservación" *Pátina*. Junio, época II, nº 9. Madrid: Escuela Superior de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Madrid, 1999.
 - RICO MARTINEZ, L., KÜHNEN. *Diccionario técnico AKAL de conservación restauración de bienes culturales: español, alemán, inglés, italiano, francés: conservación, restauración, técnicas y procedimientos artísticos, materiales, arte, tecnología y ciencias aplicadas*. Madrid: AKAL, 2003.
 - RIERA BARSALLO, P. "Los derechos de autor y sus límites: un equilibrio necesario". *PH*. Diciembre, nº 33. Sevilla: IAPH, 2000.
 - RIGHI, L. *Conservar el arte contemporáneo*. San Sebastián: Ed. Nerea, 2006.
 - RIPOLL MIRA, E. Recursos educación. [En línea]. Ácidos y bases. <http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales_didacticos/acidosbases/lewis.html>. [Consulta: 23/03/12].
 - ROCHE, A. "Pressure-Sensitive Adhesives for the Attachment of Reinforcing Canvases to the Back of Paintings". *Studies in Conservation*. Vol. 41, nº 1. London: IIC, 1996.
 - ROCHE, A. "Colas auto-adhesivas para pegar lienzos de forración". *Studies in Conservation*. Vol. 41, nº 1. London: IIC, 1996.
 - ROCHE, A. "Per una nuova lettura del concetto di adesione e decoesione: aspetti fisico-chimici e meccanici". *L'attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutare l'efficacia*. Atti Congresso Internazionale Colore e Conservazione Cesmar 7. Milano, 10-11 novembre 2006. Saonara: Il Prato, 2008.
 - ROCHE, A., DESSENNES, L. "The Consolidation of Flaking Gouache on Japanese Paper". *Restaurator, International Journal for the Preservation of Library and Archival Material*. Volume 23, Nº 4, 2002.

- ROCHE, A., OTTOLINI, S., RIGGIARDI, D. "Studio meccanico del potere consolidante di alcuni adesivi in rapporto a cariche e pigmenti utilizzati in pittura". *L'attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutare l'efficacia 2*. Atti 4^o Congresso Internazionale Colore e Conservazione Cesmar 7. Milano, 21-22 novembre 2008. Saonara: Il Prato, 2009.
- ROCCHI, P. *Prodotti speciali per il recupero ed il restauro. Catalogo comparato*. Roma: Edizioni Kappa, 2005.
- RODRÍGUEZ LORITE, M.A., PUENTE GARCÍA, R. "Apuntes para el diseño de la iluminación en las salas para exposiciones temporales de arte contemporáneo". *Comunicaciones de la 4 Reunión de Trabajo*. Barcelona: 1994.
- ROLDÁN, J. C. "Los conservadores-restauradores de arte contemporáneo alertan sobre los cambios museísticos actuales". *PH, Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*. Nº 49, julio. Sevilla: Aturen-CEDEPA, S.L, 2004.
 - ROLDÁN, J. C. "La difusión de la obra contemporánea como factor de riesgo. Movilidad y conservación". *Dossiers IAPH*. Nº 10, Boletín 35 Junio. Sevilla: IAPH, Junta de Andalucía, 2001.
- ROONTHIVA, V., PARET I PEY, J. "Physico-mechanical tests to evaluate Paraloid B72® and Regalrez 1126® for the consolidation of wood in polychromed sculptures". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].
- ROSSI DORIA, M. "Fenomeni di deterioramento su dipinti su tela: come costruire un approccio più meditato nei problemi di consolidamento". *L'attenzione alle superfici pittoriche. Atti Congresso Colore e Conservazione CESMAR7*. Milano 2006. Saonara: Il Prato, 2008.
- ROTAECHE GONZÁLEZ DE UBIETA, M. *Conservación y restauración de materiales contemporáneos y nuevas tecnologías*. Madrid: Ed. Síntesis, 2010.
- ROSSOL, M. *The Artist's complete health and safety guide*. New York: Alworth Press, 1990.
- ROVERSI MONACO, C. "Il restauro delle opere su carta: analisi e problematiche". [En línea]. Seminario *Il Restauro dell'Arte Moderna e Contemporanea*. Bolonia, 2001. <www.bologna-restauratori.it/download/scicolone.pdf>. [Consulta: 04/07/05].
- RUIZ DE ARCAUTE, E. "Creación de una base de datos sobre técnicas de los artistas contemporáneos y sus criterios en materia de conservación y restauración". Vitoria: Diputación Foral de Álava, 1993.
 - RUIZ DE ARCAUTE, E. "Materiales y técnicas en el arte contemporáneo". *Conservació i restauració d'art contemporani: seminari organitzat per l'Especialitat de Restauració del Departament de Pintura*. Barcelona: Universitat de Barcelona, 1993.
 - RUIZ DE ARCAUTE, E. "Aproximación al estudio de las obras de arte contemporáneo". *Dossiers IAPH*. Nº 10, Boletín 35 Junio. Sevilla: IAPH, Junta de Andalucía, 2001.
- RUIZ DE ARCAUTE, E., SÁNCHEZ, Y., PARDO, D. "Tratamiento de la obra "Peinture" de Tàpies. 1ª fase. Colocación de un soporte refuerzo". *Comunicaciones de la 4ª reunión de trabajo*. Barcelona: GETCRAC, 1994.

- RUSSELL, R., STRILISKY, B., TYRRELL, R. "Testing the Tensile Strength of Paraloid B-72 to Determine its Potential Applications as a Palaeontological Adhesive". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

S

- SAN ANDRÉS MOYA, M., DE LA VIÑA FERRER, S. *Fundamentos de química y física para la conservación y restauración*. Madrid: Síntesis, 2004.
- SAN ANDRÉS MOYA, M., TIJERO MIGUEL, J. "Amarilleamiento de barnices y fijativos por exposición a la radiación U.V." *VIII Congrès de Conservació de Béns Culturals*. Valencia: Generalitat Valenciana, 1990.
- SAN ANDRÉS MOYA, M. "Propiedades adhesivas de dispersiones poliacrílicas y polivinílicas". *Actas VII Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. [Cd-rom]. [Valencia]: A. Escalera, E. Porta, 1996.
- SÁNCHEZ MUÑOZ, G. *Imagen digital 4.0*. Madrid, 2011. <www.gusgsm.com>. [Consulta: 23/06/11].
- SÁNCHEZ ORTÍZ, A. "Las reglas del juego: Lo monocromo y su conservación". *Actas del XIII Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. Lleida: 2000.
 - SÁNCHEZ ORTIZ, A. *De lo visible a lo legible. El color en la iconografía cristiana: una clave para el restaurador*. [Tesis, en línea]. Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense de Madrid, 1995. <http://cisne.sim.ucm.es/search*spl/dconservaci{226}on/dconservacion/1%2C12%2C15%2CB/frameset&FF=dconservacion+y+restauracion+pintura+tesis+cd+rom&1%2C%2C3>. [Consulta: 25/02/05].
- SANTIAGO, GODOS, V. "Un gran mosaico parietal de arte contemporáneo. Proceso de extracción, traslado y restauración". *Actas del XIII Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. Lleida: ACCRBC, 2000.
- SAWICKI, M., THOMAS, R. "Tendency in aging behaviour of gilded surfaces formed with synthetic polymers". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].
- SCHAEFFER, T. *Effects of light on materials in collections. Data on photoflash and related sources*. Los Ángeles: The Getty Conservation Institute, 2001.
- SCHINZEL, H. *Touching Vision. Essays on restoration theory and the perception of art*. Brussels: Brussels University Press, 2004.
 - SCHINZEL, H. "Restauración e investigación. Un intento de esquematización". *Restauración de pintura contemporánea*. Traducción de Lourdes Rico Martínez con la colaboración de Karla Kühnen. Madrid: Akal, Istmo, 2003.
 - SCHINZEL, H. "La intención artística y las posibilidades de la restauración". *Restauración de pintura contemporánea*. Traducción de Lourdes Rico Martínez con la colaboración de Karla Kühnen. Madrid: Akal, Istmo, 2003.
- SCHINZEL, H., HUISGEN, M. "Ejemplos de alteraciones típicas en el arte contemporáneo". *Restauración de pintura contemporánea*. Traducción de Lourdes Rico Martínez con la colaboración de Karla Kühnen. Madrid: Akal, Istmo, 2003.

- SCHLEUNIGER, J., FRANÇOISE, M. "JunFunori®: A new Media for the Consolidation of Matt Paint". *This Will Stick Forever. Attaching & Releasing*. Symposium. Budapest: IADA/PnyME, 2005. [En línea]. <http://palimpsest.stanford.edu/iada/ta05a_eng.pdf>. [Consulta: 12/01/08].
- SCHUBERT, A. "Magnetkissen-Angepasste druckausübung auf strukturierte oberflächen/Magnetic Pads-adapted exertion of pressure onto textured surfaces". *Symposium der Fachgruppe Moderne Kunst-Kulturgut der Moderne de VDR*. Köln: Museum Ludwig, 2004.
- SCIOLONE, G. *Il restauro dei dipinte contemporanei: dalle tecniche di intervento tradizionali alle metodologie innovative*. Firenze : Nardini Editore, 1993.
 - SCICOLONE, G. *Restauración de la pintura contemporánea*. Traducción de Ariadna Viñas. Guipúzcoa: Nerea, 2002.
 - SCICOLONE, G. "Il restauro dei dipinti du tela nella seconda metà del XX secolo : evoluzione e rivoluzione". [En línea]. Seminario *Il Restauro dell'Arte Moderna e Contemporanea*. Bolonia, 2001. <www.bologna-restauratori.it/download/scicolone.pdf>. [Consulta: 25/02/05].
- SEDANO ESPÍN, P. "Criterios y ejemplos de actuaciones en conservación y restauración de obras de arte contemporáneo". *I Encuentro Criterios de Intervención*. Castellón: Diputación, 1996.
 - SEDANO ESPÍN, P. "Criterios de intervención en el arte contemporáneo". *Tecno Art. Feria internacional de restauración de bienes culturales*. Barcelona: FIRBC, 1998.
 - SEDANO ESPÍN, P. "La problemática de la conservación-restauración en el arte contemporáneo: las funciones del Departamento de Conservación-Restauración" *Revista de museología*. Nº 7. Madrid: Asociación Española de Museólogos, 1996.
 - SEDANO ESPÍN, P. "Trabajos realizados en el Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía". Vitoria: Diputación Foral de Álava, 1993.
 - SEDANO ESPÍN, P. "Trabajos realizados durante el 89 en los fondos pertenecientes al Centro de Arte Reina Sofía y procedentes del antiguo Museo de Arte Contemporáneo". *Comunicaciones de la 2ª Reunión de Trabajo*. Madrid: Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo, 1990.
 - SEDANO ESPÍN, P. "La conservación de la obra de arte en los museos. Funciones del Departamento de Restauración". *Arte: Materiales y Conservación*. Madrid: Argenteria, 1998.
 - SEDANO ESPÍN, P. "La conservación del arte contemporáneo". *Dossiers IAPH*. Nº 10, Boletín 35 Junio. Sevilla: IAPH, Junta de Andalucía, 2001.
 - SEDANO ESPÍN, P. "Desde los materiales tradicionales a los nuevos materiales y métodos aplicados en la conservación de obras de arte". *V Congreso Internacional Patrimonio Cultural: Contexto y Conservación*. 9 al 13 de abril. La Habana: Centro Nacional de Conservación, Restauración y Museología, 2001.
 - SEDANO ESPÍN, P. "Ejemplos prácticos sobre criterios y actuaciones de conservación-restauración en arte contemporáneo". *Conservació i restauració d'art contemporani: seminari organitzat per l'Especialitat de Restauració del Departament de Pintura*. Barcelona: Universitat de Barcelona, 1993.

- SEYMOUR, K. "Adhesives 101: Teaching adhesive principles to conservation students". Póster. *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].
- SHASHOUA, Y., BRADLEY, S.M., DANIELS, V.D. "Degradation of cellulose nitrate adhesive". *Studies in Conservation*. Vol. 37, nº 2. London: IIC, 1992.
- SHELLEY, M. *The care and handling of art objects. Practices in The Metropolitan Museum of Art*. New York: The Metropolitan Museum of Art, 1987.
- SIEGEL, C. *Access para Windows. Paso a paso*. Madrid: Anaya, 1996.
- SILVA, M., DOMÉNECH CARBÓ, M^a. T., FUSTER-LÓPEZ, L., MARTÍN-REY, S., MECKLENBURG, M. "Determination of the plasticizer content in poly(vinyl acetate) paint medium by pyrolysis–silylation–gas chromatography–mass spectrometry". *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. Vol. 85, Issues 1-2, May. Elsevier, 2009.
- SILVA, M., DOMÉNECH-CARBÓ, M^a. T., FUSTER-LÓPEZ, L., MECKLENBURG, M., MARTÍN-REY, S. "Identification of additives in poly(vinylacetate) artist's paints using PY-GC-MS". *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. Vol. 397, nº 1. Alemania: Springer Verlag, 2010.
- SIMPSON, A., OLSON, E. *La Biblia de Access para Windows 95*. Madrid: Anaya, 1996.
- SIRVEN, M., et Al. "Une étude de cas sur l'utilisation de l'hydroxypropyl cellulose ou Klucel G. 30 années de pratique à l'Atelier de Conservation et de Restauration des Photographies de la Ville de Paris (ARCP)". *Proceedings Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].
- SKEIST, I. (Ed.). *Handbook of Adhesives*. New York: Chapman & Hall, 1990.
- Smithsonian Center for Materials Research and Education, SCMRE: *Care of acrylic paintings*. Gideline, Taking Care [en línea]: SCMRE, Suitland, 2002. <www.si.edu/scmre/takingcare/acrylic_paintings.htm> [Consulta: 07/02/05].
- SCMRE. *What makes the painting image change?*. Gideline, Taking Care. [En línea]. Smithsonian Center for Materials Research and Education. SCMRE, Suitland, 2002. <http://www.si.edu/scmre/takingcare/painting_change.htm>. [Consulta: 07/02/05].
- SOLE ELADOS, D. "15 años después" *Revista de museología*. Madrid: Asociación Española de Museólogos, N. 6.
- SOMMERMEYER, B. *Konsolidierung matter, pudriger Malschichten aus dem Bereich der modernen Kunst/ Anwendung ultratschallvernebelter Konsolidierungsmittel*. Tesis Doctoral inédita. Staatlichen Akademie der bildenden Kuenste, Stuttgart, 1998. Abstract tesis doctoral. [en línea] INCCA Project <www.incca.org/dir003/incca/cmt/Literature.nsf/ee...>. [Consulta: 12/12/03 y 23/10/05].
- SONODA, N., RIOUX, J. P. "Identification des matériaux synthétiques dans les peintures modernes. I. Vernis et liants polymères". *Studies in Conservation*. Nº 35. London: IIC, 1990.
- SOPPA, K., LAASER, T., KREKEL, C. "Visualizing the Penetration of Adhesives Using Fluorescent Labelling". *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

- SOUSA-SILVA, M., DOMÉNECH CARBÓ, M^aT., MARTÍN REY, S., FUSTER LÓPEZ, L., MARTÍNEZ BAZÁN, M^aL. "Evaluation of Mechanical and Optical Properties of Consolidants Used in the Treatment of a PVAC Contemporary Painting". *Preprints 16th International Meeting on Heritage Conservation*. Valencia: UPV, 2006.
- SNYDER, J. *Caring for your art. A guide for artists, collectors, galleries and art institutions*. New York: Allworth Press, 1991.
- STANDEVEN, H. "Problems associated with the use of gloss house-hold paints by 20th century artists". *V&A Museum Conservation Journal*. [En línea]. Summer 03, nº 44. London: V&A Museum, 2003. <www.vam.ac.uk/res_cons/conservation/journal/number_44/problems-gloss-paint...>. [Consulta: 23/08/07].
 - STANDEVEN, H. "Cover the Earth": A History of the Manufacture of Household Gloss Paints in Britain and the United States fro, the 1920s to the 1950s". *Modern Paints Uncovered*. Los Ángeles: The Getty Conservation Institute, 2007.
- STEIN, M., BAKKESTUEN, V., ERIKSTAD, L., GRIMSTAD, I. "A conservation plan for 1158 paintings by Edvard Munch". *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*: ZKK, Vol. 20, n. 2, 2006.
- SVOBODA, M. "Conservation Websites". [En línea]. *WAAC Newsletter*, vol. 23, nº. 1, enero. Los Ángeles: Western Association for Art Conservation, 2001. <<http://palimpsest.stanford.edu/waac/wn/wn23/wn23-1/wn23-106.html>>. [Consulta: 27/01/05].
- SWIDER, J. R., SMITH, M. "Funori: Overview of a 300-Year Old Consolidant". *JAIC*. Vol. 44, nº 2. [En línea] Washington: AIC, 2005. <http://aic.stanford.edu/jaic/articles/jaic44-02-005_idx.html>. [Consulta: 23/11/07].
- SZMIT-NAUD, E. "Compatibility of contemporary pigments in mixtures". *Art of the Past. Sources an Reconstructions*. Proceedings of the first symposium of the Art Technological Source Research study group. Londres: Archetipe, 2005.

T

- TAKAMI, M. "Funori as a Cleaning Agent for Historic Textiles: A Preliminary Investigation of its surfactant Properties and Cleaning effect". *The Textile Newsletter*. Abstracts from 3rd Projects. Postgraduate Diploma in Textile Conservation. The Textile Conservation Centre/Courtauld Institute. Art University of London. [En línea]. Roma: ICOM-ICR, 2000. <<http://www.icr.beniculturali.it/lcom-TXT/15-16/TCCAbstracts.html>>. [Consulta: 12/01/08].
- TEMME, K. "Mediciones. Mediciones del brillo y grado de pulverulencia". *Restauración de pintura contemporánea*. Traducción de Lourdes Rico Martínez con la colaboración de Karla Kühnen. Madrid: Ediciones Akal, Istmo, 2003.
- TOPALOVA-CASADIEGO, B. "Examination of Death and the Maiden". [En línea]. Oslo: Munch Museet, 1999-2007. <www.munch.museum.no/content2.aspx?id=63&mid=21&lang=en>. [Consulta: 24/09/07].

- TORRACA, S. *Solubilidad y disolventes en los problemas de conservación*. Roma: ICCROM, 1981.
- TIOZZO, V. "Riflessioni sul restauro dell'Arte Contemporanea". N° 20, noviembre. *Progetto Restauro*. Padova: Il Prato, 2001.
- TOWNSEND, P., PERRY, R.A. "Conservation of modern oil paintings on paper". *Conference Papers Manchester actas*. London: Institute of Paper Conservation London, 1992.
- TRACTON, A. (ED.). *Coatings Technology Handbook*. Third Edition. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006.
- TURNER, N. "The AGS2000 Aerosol Generator: Creating a Mist Consolidant for Non-contact Media Consolidation". *WAAC Newsletter*. Vol. 30, N°3, September. Washington: WAAC, 2008.

U

- UILMAC. [En línea]. ©Unión de industriales litógrafos de México, A.C. 2008. <<http://uilmac.com.mx/laboratorio/brillo.html>>. [Consulta: 23/08/07].
- UNESCO. *Conventions et recommandations de l'Unesco relatives à la protection du patrimoine culturel*. Paris: UNESCO, 1990.
- UNIVERSIDAD DE SEVILLA. *Coloides: Generalidades*. [En línea]. <www1.us.es/.../pdf>. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2008. [Consulta: 24/01/09].
- UPV. Búsqueda: "índice de refracción". [En línea]. Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Industrial Eibar UPV. 2010. <www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/snell/snell.htm>. [Consulta: 03/08/09].
- URKULLU (de) POLO, M^a T. *Investigación del comportamiento de algunos textiles utilizados como soporte de pintura como fuente de documentación a procesos de restauración*. [Tesis en línea]. Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid, 1993 <http://cisne.sim.ucm.es/search*spi/dconservaci{226}on/dconservacion/1%2C12%2C15%2CB/frameset&FF=dconservacion+y+restauracion+pintura+tesis+cd+rom&2%2C%2C3>. [Consulta: 21/02/05].

V

- VAILLANT CALLOL, M., DOMÉNECH CARBÓ, M^a T., VALENTÍN RODRIGO, N. *Una mirada hacia la conservación preventiva del Patrimonio Cultural*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2003.
- VAN OOSTEN, T. *PUR Facts. Conservation of Polyurethane Foam in Art and Design*. Amsterdam: Amsterdam University Press, 2011.
- VARGAS TAO, A.O. "Colas animales" *Revista Ciencias. Publicaciones científicas*. Copyright© RevistaCiencias.com. Agosto 2003. [En línea]. <www.revistaciencias.com/publicaciones/Epypu22EpAYDFigXKp.php>. [Consulta: 03/02/08].

- VAZQUEZ ALBADALEJO, C. "El biodeterioro de la pintura producido por hongos". Tesis doctoral inédita. Facultad BB.AA. Universidad Politécnica de Valencia, 1997.
- VÁZQUEZ CONTRERAS, E. *Bioquímica y biología molecular en línea*. [En línea]. <<http://laguna.fmedic.unam.mx/~evazquez/0403/enlace%20peptidico.html>>. © UNAM 2003. México. [Consulta: 20/09/08].
- VEDRELL DE GARCIA, J. "Administración de aerosols en nebulizador: ventajas e inconvenientes" *Arch Bronconeumol. Sine loco*, 1997.
- VENTIKOU, M. "A Chinese Figure in Unfired Clay: Technical Investigation and Conservation Treatment". *V&M Conservation Journal*, N° 38 Summer 2001. <www.vam.ac.uk/res_cons/conservation/journal/issue38/figure/...>. [Consulta: 21/08/09].
- VEROUGSTRAETE, H., VAN SCHOUTE, R. "The origin and significance of marbling and monochrome paint layers on frames and supports in netherlandish paintings of the fifteenth and sixteenth centuries". *Painting techniques history, materials and studio practice*. Contributions to the Dublin Congress. Dublin: IIC, 1998.
- VILLA, F., SORLINI, C., CAPPITELLI, F. "Biodeterioramento di consolidanti e adesivi naturali e sintetici". *L'Attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutarne l'efficacia*. Atti del congresso CESMAR 7 Milano, 2008. Padova: il Prato, 2009.
- VILLAR RUIZ, L. "Análisis de la calidad de films adhesivos consolidantes formulados mediante sustancias naturales y mixtas: estudio formal y compositivo". RIUNET [En línea]. Valencia: Riunet UPV, 2011. <<http://hdl.handle.net/10251/14340>>. [Consulta: 05/07/12].
- VILLARQUIDE, A. *La pintura sobre tela II. Alteraciones, materiales y tratamientos de restauración*. San Sebastián: Nerea, 2005.
- VILLERS, C. "Artists canvases. A history". *Actas del ICOM 6th Triennial Meeting*. Ottawa: ICOM.
- VOLPIN, S. "Il SEM e lo studio del consolidamento delle opere policrome". *L'attenzione alle superfici pittoriche. Atti Congresso Colore e Conservazione CESMAR7*. Milano 2006. Saonara: Il Prato, 2008.
- VV.AA. *Enciclopedia interactiva Planeta DeAgostini CD-ROM*. Barcelona: Planeta Agostini, 1991.
- VV.AA. *Saving the Twentieth Century: The Conservation of Modern Materials*. Canadá: Canadian Conservation Institute, 1993.
- VV.AA. *Modern Works, Modern Problems?*. Londres: Tate Gallery London. The Institute of Paper Conservation, 1994. (Papel).
- VV.AA. *Estudio sobre el estado de conservación del Guernica de Picasso*. Madrid: Ministerio de Educación y Cultura, 1998.
- VV.AA. *El Guernica y los problemas éticos y técnicos de la manipulación de obras de arte*. Santander: Fundación Marcelino Botín, 2002.
- VV.AA. *Modern Art: who cares?* Amsterdam: The Foundation for the Conservation of Modern Art and the Netherlands Institute for Cultural Heritage, 1999.
- VV.AA. *Modern Art: The restoration and techniques of modern paper and paints*. London: AIC, 1989.

- VV.AA. Comunicaciones de la 2a. *Reunión de Trabajo*. Madrid: Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo, 1990.
- VV.AA. Comunicaciones de la 3a. *Reunión de Trabajo*. Vitoria: Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo. Madrid: GTCRAC, 1991.
- VV.AA. Comunicaciones de la 4a. *Reunión de Trabajo*. Barcelona: Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo. Madrid: GTCRAC, 1994.
- VV.AA. *VI Reunión del Grupo de Arte Contemporáneo de GEIC*. Madrid: MNCARS, 2005.
- VV.AA. *VII Reunión de Arte Contemporáneo del GEIC*. Madrid: MNCARS, 2006.
- VV.AA.: *Conservación de Arte Contemporáneo 8ª Jornada*. Madrid: MNCARS, 2007.
- VV.AA. *Caring for Acrylics: Modern and Contemporary Paintings*. Cologne: Axa Art and Tate, 2007.
- VV.AA. *Conservació i restauració d'art contemporani: seminari organitzat per l'Especialitat de Restauració del Departament de Pintura*. Barcelona: Universitat de Barcelona, 1993.
- VV.AA. *Arte contemporanea: conservazione e restauro: contributi al Colloquio sul restauro dell'arte cmoderna e contemporanea. A cura di Sergio Angelucci*. Fiesole: Nardini, 1994.
- VV.AA. "Studio per la caratterizzazione chimico-fisica dei consolidanti. Valutazione della variazione delle proprietà chimico-fisiche con l'inviechiamento artificiale di undici adesivi, di origine naturale e sintetica, comunemente utilizzati come consolidanti nel restauro di beni storico-artistici". *L'Attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutarne l'efficacia*. Atti del congresso CESMAR7 Milano, 2008. Padova: il Prato, 2009.
- VV.AA. "Studio comparato nel comportamento di modelli-finiti sottoposti a diversi trattamenti di impregnazione in condizione di variazioni ambientali". *L'Attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutarne l'efficacia*. Atti del congresso CESMAR7 Milano, 2008. Padova: il Prato, 2009.
- VV.AA. *Conservazione e restauro dell'arte contemporanea. A cura di Martino Enzo*. Venezia, 1996.
- VV.AA. *Conservare l'arte contemporanea. La conservazione e il restauro oggi. A cura di Lidia Righi*. Venezia, 1992.
- VV.AA. *Preventive conservation practice, theory and research; preprints of the contributions to the Ottawa Congress*. London: International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 1994.
- VV.AA. Il restauro dei dipinti contemporanei: soluzioni per evitare la foderatura o per limitare le alterazioni che essa comporta: corso di aggiornamento, 22-26 maggio 1989. Monografie didattiche, restauri, ricerche, 3. Botticino: Enaip Lombardia, 1990.
- VV.AA. "Open Studio e intervento di restauro su un'opera di Sironi". *L'Attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutarne l'efficacia*. Atti del congresso CESMAR7 Milano, 2008. Padova: il Prato, 2009.

- VV.AA. *Conservare l'arte contemporanea*. Florencia: Nardini Editore, 1992.
- VV.AA. *From marbre to chocolate. The conservation of modern sculpture*. London: Archetype Publications, 1995.
- VV.AA. *L'Attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutarne l'efficacia. Atti del congresso CESMAR 7 Milano, 2006. Padova: il Prato, 2008.*
- VV.AA. *Polymers in Conservation*. Manchester: Centre for Archival Polymeric Materials Manchester Polytechnic. Royal Society of Chemistry, 1992.
- VV.AA. *Technologie industrielle conservation restauration du patrimoine culturel*. Niza: A.F.T.P.V.-S.F.I.I.C., 1989.
- VV.AA. *Materials Handbook*. New York: Mc Graw-Hill, 1997.
- VV.AA. *Research Abstracts of The Scientific Program*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 1994.
- VV.AA. *Tradition and Innovation Advances in Conservation. Melbourne Congress*. Melbourne: The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (IIC), 2000.
- VV.AA. *Science and Technology. In the Service of Conservation*. The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (IIC), 1982.
- VV.AA. *Painting Techniques History, Materials and Studio Practice*. Dublin: The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (IIC), 1998.
- VV.AA. *American artists in their New York studios: conversations about the creation of contemporary art*. Harvard University Art Museums. Harvard: Center for Conservation and Technical Studies, 1992.
- VV.AA. "Tratamiento, conservación-restauración de una obra de Manuel Viola afectada por inundaciones". Vitoria: Diputación Foral de Álava, 1993.
- VV.AA. "The conservation of monochrome paintings". *Modern Art: who cares?*. Amsterdam: The Foundation for the Conservation of Modern Art and The Netherlands Institute for Cultural Heritage, 1999.
- VV.AA. "The mechanical behavior of artists' acrylic paints with changing temperature and relative humidity". *Actas de AIC, Twentieth Annual Meeting of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works*. Buffalo, New York: AIC, 1992.
- VV.AA. "The discoloration of acrylic dispersion media". *Actas Saving the Twentieth Century, The Degradation and Conservation of Modern Materials*. Ontario: Canadian Conservation Institute, 1993.
- VV.AA. "Conservation o Scream and Madonna" *Munch Museet*. [En línea]. <www.munch.museum.no/media/conservation/scream-and-madonna-2008.pdf>. ©Copyright The Munch Museum 1999-2008 [Consulta: 05/08/08].
- VV.AA. "Characterization of Furunori (Aged Paste) and Preparation of a Polysaccharide Similar to Furunori". *Studies in Conservation*. Vol. 52, N° 3. London: IIC, 2007.
- VV.AA. *La fabbrica dei colori pigmenti e coloranti nella pittura en nella tintoria*. Roma: Il Bagatto, 1986.

- VV.AA. *Conservation of works by Borduas*. [En línea]. Québec: Ministère de la Culture, des Communications et de la Condition Féminine, Centre de Conservation y Musée d'Art Contemporain de Montréal: 2007. <www.ccq.mcc.gouv.qc.ca>. [Consulta: 07/02/05 y 29/05/07].
- VV.AA. "An interdisciplinary bibliographic approach to a complex conservation problem: the consolidation of matte paint". *ICOM Committee for Conservation, tenth triennial meeting*. Washington: ICOM, 1993.
- VV.AA. "Consolidation of porous paint in a vapor-saturated atmosphere: a technique for minimizing changes in the appearance of powdering, matte paint". *Journal of the American Institute for Conservation*. Nº 32, 1. California: The Getty Conservation Institute, 1993.
- VV.AA. *La Conservation Préventive*. Paris: ARAAFU, 1992.
- VV.AA. "Sturgeon glue for painting consolidation in Russia". *Journal of the American Institute for Conservation*. Nº 32, 1. California: GCI, 1993.
- VV.AA. *This Will Stick Forever. Attaching & Releasing*. Symposium. Budapest: IADA/PnyME, 2005. [En línea]. <http://palimpsest.stanford.edu/iada/ta05a_eng.pdf>. [Consulta: 12/01/08].
- VV.AA. *Teoría de la adhesión*. [En línea]. <www.loctite.com/int_henkel/loctite_es/binarydata/pdf/TecnologiaAdhesion.PDF>. Madrid: Henkel Ibérica, 2008 [Consulta: 28/02/08].
- VV.AA. "The Conservation of 20th-Century Art: two case studies". [En línea]. *GCI Newsletter*. Summer, vol. 13.2. Los Ángeles, GCI, 1998. <www.getty.edu/conservation/publications/newsletters/13_2/news1_1.html>. [Consulta: 31/01/05].
- VV.AA. "Modern Science and Contemporary Paintings: preserving an evolving legacy". [En línea]. *GCI Newsletter*. Fall, vol. 17.3. Los Ángeles, GCI, 2002. <www.getty.edu/conservation/publications/newsletters/17_3/feature.html>. [Consulta: 31/01/05].
- VV.AA.: "Time and Change: A Discussion about the Conservation of Modern and Contemporary Art". [En línea]. *GCI Newsletter*. Fall, vol. 17.3. Los Ángeles, GCI, 2002. <www.getty.edu/conservation/publications/newsletters/17_3/dialogue.html>. [Consulta: 31/01/05].
- VV.AA. "Identificação e materiais artísticos contemporâneos: análise de tintas acrílicas e vinílicas comerciais por FTIR e microscopia de luz polarizada". *Anais do X Congresso*. São Paulo: ABRACOR, 2000.
- VV.AA. "Some cases of colour alteration in white paintings of Lucio Fontana". *8th Triennial meeting Sydney, Australia 6-11 September, 1987*. Sydney: ICOM-Getty Conservation Institute, 1987.
- VV.AA. "Decoloration dans la couche picturale de certains tableaux de Vincent van Gogh et de Paul Gauguin". *8th Triennial meeting Sydney, Australia 6-11 September, 1987*. Sydney: ICOM-GCI, 1987.
- VV.AA. "L'usage de la lumière transmise pour l'examen de deux peintures modernes, l'une de V. Van Gogh (1887), l'autre de F. Hodler (1910)". *8th Triennial meeting Sydney, Australia 6-11 September, 1987*. Sydney: ICOM-Getty Conservation Institute, 1987.

- VV.AA. "Structural treatments for canvas paintings in 2002: summary of questionnaire replies". *13th Triennial Meeting Rio de Janeiro. Vol I.* Rio de Janeiro, ABRACOR, 2002.
- VV.AA. "Recent Advances in Biodeterioration and Biodegradation". Vol II. Calcuta: KL GARB, 1994.
- VV.AA. "The effects of surface cleaning on acrylic emulsion paintings: a preliminary investigation". [En línea]. *Tate Papers*. Autum 06. London, Tate, 2006. <www.tate.org.uk/research/tateresearch/tatepapers/06autumn/ormsby.htm>. [Consulta: 01/12/06].
- VV.AA. "El papel del conservador-restaurador en el montaje de exposiciones temporales y/o itinerantes". *VII Congreso de Conservación de Bienes Culturales 1988*. Vitoria: CCRBC, 1991.
- VV.AA. *Estudio sobre el estado de conservación del Guernica de Picasso*. Madrid: Ministerio de Educación y Cultura-MNCARS, 1998.
- VV.AA. *Sustancias naturales y materias plásticas*. Barcelona: RCM, 1999.
- VV.AA. *Estudio sobre el estado de conservación del Guernica de Picasso*. Madrid: MNCARS, Ministerio Educación y Cultura, 1998.
- VV.AA. *Conservation and maintenance of contemporary public art*. Melbourne: AICCM. Edited by Hafhor Yngvason, 2002.
- VV.AA. *Atti del XIX Convegno di Studi di Bressanone "Scienza e Beni Culturali"*. Venecia: Arcadia Ricerche, 2003.
- VV.AA. "Modern White Pigments: Their Identification by Means of Noninvasive Ultraviolet, Visible, and Infrared Fiber Optic Reflectance Spectroscopy". *Modern Paints Uncovered*. Los Angeles: GCI, 2007.
- VV.AA. "Atmospheric Source of Atomic oxygen for cleaning paintings". [En línea]. *NASA Tech Brief Online*. Cleveland: NASA Glenn Research Center, 2001. <www.nasatech.com/Briefs/June01/LEW16971.html>. [Consulta: 14/02/05].
- VV.AA. *An Atmospheric atomic oxygen source for cleaning smoke damaged art objects*. [En línea]. Virginia: NASA, Cleveland State University and Lewis Research Center, NASA TM, 1998. <www.nasatech.com>. [Consulta: 14/02/05].
- VV.AA. Newsletter ICOM-CC Mmca. Nº 11, febrero. [En línea]. ICOM-CC, 2005. <<http://icom-cc.icom.museum/Documents/WorkingGroup/ModernMaterials/mmcNewsletter11.pdf>>. [Consulta: 16/06/07].
- VV.AA. "Estudio de la caracterización y envejecimiento simulado de los materiales utilizados en la obra de arte contemporáneo 1:9, CGAC 2003. Un proyecto de Karim Sander". *Actas XV Congreso Conservación Restauración de Bienes Culturales*. [Cd-rom]. [Murcia]: Región de Murcia. Dirección General de Cultura, 2004.
- VV.AA. "Studio comparato nel comportamento di modelli-finiti sottoposti a diversi trattamenti di impregnazione in condizione di variazioni ambientali". *L'attenzione alle superfici pittoriche. Atti Congresso Colore e Conservazione CESMAR7*. Milano 2008. Saonara: Il Prato, 2009.
- VV.AA. "Visión del restaurador ante la obra de arte actual". *Actas IX Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. [Cd-rom]. [Sevilla]: E. Porta, 1992.

- VV.AA. *American artists in their New York studios: conversations about the creation of contemporary art*. Cambridge MA: Center for Conservation and Technical Studies, Harvard University Art Museums, 1992.
- VV.AA. "Additives for the sturgeon glue. Technical Exchange". *WAAC Newsletter*. [En línea]. Vol. 19, nº. 2, mayo. Los Ángeles: Western Association for Art Conservation, 1997. <<http://palimpsest.stanford.edu/waac/wa>>. [Consulta: 27/01/05].
- VV.AA. "Tres obras sobre fibrocemento de Ramiro de Maeztu: Examen técnico y conservación-restauración". *Actas XIV Congreso de Conservación Restauración de Bienes Culturales*. Valladolid: Excmo. Ayuntamiento de Valladolid, 2002.
- VV.AA. *Museu d'Art Contemporani de Vilafamés Vicente Aguilera Cerni*. Valencia: Generalitat Valenciana: 2001.
- VV.AA. *ICOM Comitte for conservation, 7th Triennial Meeting Copenhagen 10-14 September. Preprints*. Paris: International Council of Museums, 1984.
- VV.AA. *Modern Art, New Museums*. Bilbao: IIC, 2004.
- VV.AA. *Modern Paints Uncovered*. Los Ángeles: The Getty Conservation Institute, 2007.
- VV.AA. "Conservation of Scream and Madonna". *The Munch Museum Conservation*. [En línea]. <www.munch.museum.no/media/conservation/scream-and-madonna-2008.pdf>. [Consulta: 06/06/08].
- VV.AA. *Adhesives and Consolidants*. Preprints of the Contributions to the Paris Congress. London: IIC, 1984.
- VV.AA. *Painted Wood*. Proceedings of a Wooden Artifacts Group of The AIC. Los Ángeles: GCI, 1998.
- VV.AA. *Science for Conservators. Adhesives and Coatings*. Vol. 3. New York: Museums & Galleries Commission and Routledge, 2005.
- VV.AA. *Science for Conservators. Cleaning*. Vol. 2. New York: Museums & Galleries Commission and Routledge, 2005.
- VV.AA. *Art of the Past. Sources an Reconstructions*. Proceedings of the first symposium of the Art Technological Source Research study group. Londres: Archetipe, 2005.
- VV.AA. *Symposium der Fachgruppe Moderne Kunst-Kulturgut der Moderne de VDR.*. Diciembre. Dusseldorf: Museum Ludwing, Köln, 2004.
- VV.AA. *Industrial Coatings: Properties, Applications Quality, and Environmental Compliance*. Proceedings of the ASMI ESD Advanced Coatings Technology Conference. Illinois, 2-5 Nov. Ohio: ASM International, 1992.
- VV.AA. *Historia del Mundo Contemporáneo*. Madrid: Mc Graw Hill, 2000.
- VV.AA. *Access 2000. Inicio*. ExecuTrain Corporation, 1999.
- VV.AA. *Paso a paso Microsoft Access 2000*. Madrid: McGraw-Hill, 1999.
- VV.AA. *Access 2000. Paso a paso*. Madrid: Anaya, 1999.
- VV.AA. Triptico "Museo e Arte Contemporáneo Vicente Aguilera Cerni de Vilafamés". Generalitat Valenciana.
- VV.AA. *Memòria d'Anzo*. Valencia: Fundació General de la Universitat de València, 2009.

- VV.AA. *Imageless*. New York: Solomon R. Guggenheim Museum, 2008.
- VV.AA. "Studio per la caratterizzazione chimico-fisica dei consolidanti. Valutazione della variazione delle proprietà chimico-fisiche con l'invecchiamento artificiali di undici adesivi, di origine naturale e sintetica, comunemente utilizzati come consolidanti nel restauro di beni storico-artistici". *L'attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutare l'efficacia 2*. Atti 4^o Congresso Internazionale Colore e Conservazione materiali e metodi nel restauro delle opere policrome mobili Cesmar7. Milano, 21-22 novembre 2008. Saonara: Il Prato, 2009.
- VV.AA. *L'attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutare l'efficacia 2*. Atti 4^o Congresso Internazionale Colore e Conservazione materiali e metodi nel restauro delle opere policrome mobili Cesmar7. Milano, 21-22 novembre 2008. Saonara: Il Prato, 2009.
- VV.AA. "Studi preparatori finalizzati al restauro di due dipinti su tela dell'Ottocento". *L'Attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutare l'efficacia 2*. Atti Congresso CESMAR7 Milano, 2008. Padova: il Prato, 2009.
- VV.AA. *L'attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutare l'efficacia 2*. Atti 4^o Congresso Internazionale Colore e Conservazione materiali e metodi nel restauro delle opere policrome mobili Cesmar 7. Milano, 21-22 novembre 2008. Saonara: Il Prato, 2009.
- VV.AA. *Tecnología de la adhesión*. [En línea]. <www.loctite.com/int_henkel/loctite_es/binarydata/pdf/TecnologiaAdhesion.PDF>. Madrid: Henkel Ibérica, 2000. [Consulta: 28/02/08].
- VV.AA. *Adhesives and Consolidants in Painting Conservation*. London: Archetype Publications-ICON, 2012.
- VYNIL INSTITUTE. *The Vinyl Institute Official Site*. [En línea]. © 2009 Vinyl Institute, Arlington, Virginia USA. <www.vinylinfo.org/>. [Consulta: 06/06/09].

W

- WEITEMEIER, H. *Yves Klein*. Köln: Taschen, 2005.
- WEISMAN ART FOUNDATION. *Conservation and contemporary art*. Richmond: Frederick R. Weisman Art Foundation, 1990.
- WEISSERMEL, K., ARPE, H. J. *Química orgánica industrial*. Barcelona: Ed. Reverté, 1991.
- WELSH, E. "A consolidation treatment for powdery matte paint". *Conservation Online* 2007. [En línea]. Del: *Annual meeting AIC*, 8, 1980. <<http://palimpsest.stanford.edu/byauth/welsh/welsh1.html>>. [Consulta: 01/06/2007].
- WICKS, JR., JONS, F., PAPPAS, P., WICKS, D. *Organic Coatings. Science and Technology*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007.
- WINTER, J. "Natural adhesives in east asian paintings" *Adhesives and Consolidants*. Preprints of the Contributions to the Paris Congress. London: IIC, 1984.

- WITTE de, E., FLORQUIN, S., GOESSENS-LANDRIE, G. "Influence of the Modification of Dispersions on Film Properties". *Adhesives and Consolidants*. Preprints of the Contributions to the Paris Congress. London: IIC, 1984.
- WOLBERS, R. "Proprietà Meccaniche a Breve Termine degli Adesivi: Effetto dei Solventi e dei Plastificanti". *L'Attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e Metodi per il Consolidamento e Metodi Scientifici per Valutarne l'efficacia. Atti del congresso CESMAR 7*. Milano, 2006. Padova: Il Prato, 2008.
- WOLBERS, R., MCGYNN, M., DUERBECK, D. "Poly(2-Ethyl-2-Oxazoline): a new conservation consolidant, in Painted Wood". *History and Conservation, Proceedings of the Symposium in Williamsburg*. Virginia: RET, 1994.
- WOODWARD, A. *Atlas of Polymer Morphology*. New York: Hanser Publishers, 1988.
- WU CHIA LI, R. M^a., GRUBER, J. "Síntese De Poli (P-Xililenos)". *Quimica Nova*. Vol. 22, nº 6. [En línea]. Sao Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 1999. <http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1999/vol22n6/v22_n6_%20%288%29.pdf>. [Consulta: 10/01/10].

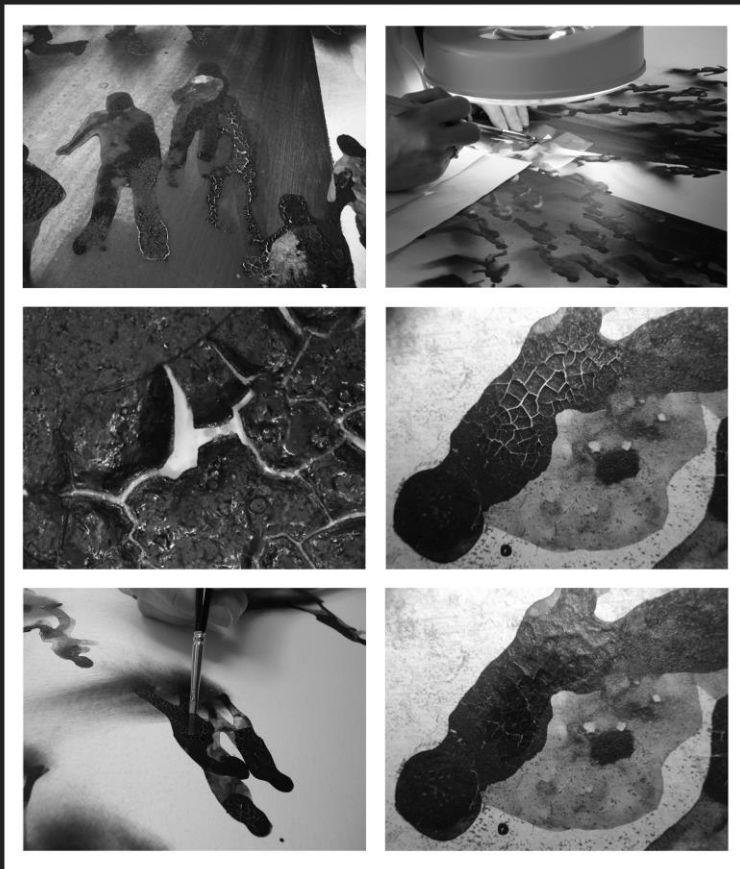
Y

- YOUNG, C. "Interfacial Interactions of Modern Paint Layers". *Modern Paints Uncovered*. Los Ángeles: The Getty Conservation Institute, 2007.
- YOUNG, C. "Sviluppo di test meccanici per valutare i consolidanti usati per i dipinti su tela". *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti congresso CESMAR7 Milano, 06. Padova: il Prato, 2008.
- YOUNG, C. "Predicting Practical Properties of Unfilled and Filled Adhesives From Thermomechanical Data". *Adhesives and Consolidants Symposium 2011*, CCI. <www.cci-icc.gc.ca>. [Consulta: 20/03/12].

Z

- ZABLOCKA, A. *Consolidation of tempera on transparent paper*. Abstract tesis doctoral. [En línea] Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphk, Arkhiv_undBibliotheksgut-Höhenstrabe. <www.sabk.de/board/view_abstracts_en.php>. [Consulta: 15/11/06].
- ZEBALA, A. "Sturgeon Glue for Consolidation (Technical Exchange)". [En línea]. *WAAC Newsletter*, vol. 16, nº. 3, september. Los Ángeles: Western Association for Art Conservation, 1994. <<http://palimpsest.stanford.edu/waac/wn...>>. [Consulta: 27/01/05].
- ZFB. "The new aerosol generating system". [En línea]. Zfb Zentrum für Bucherhaltung GmVH. Leipzig: ZFB, 2009. <www.zfb.com/download/restoration_devices.pdf>. [Consulta: 12/10/09].
- ZYCH ZMUDA, K. "Consolidación de capas pictóricas degradadas sobre papel mediante nebulización de colas por ultrasonido". *IX Reunión del Grupo de Arte Contemporáneo*. Madrid: GEIIC-MNCARS, 2008.

- ZYCHERMAN, L. *A guide to museum pest control*. Washington: Foundation of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works; Association of Systematics Collections, 1988.



Imágenes cubierta: T. Pastor. Intervención obra *Secuencia 41*. J. Genovés.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



CULTURA ARTS
IVC+R

