

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN	17
1. DESARROLLO SOSTENIBLE	19
2. RESIDUOS: IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIOECONÓMICO	20
3. POLÍMEROS BIODEGRADABLES	22
3.1. INTRODUCCIÓN: DESARROLLO DE LOS POLÍMEROS BIODEGRADABLES.....	22
3.2. POLÍMEROS BIODEGRADABLES. CLASIFICACIÓN	33
3.2.1. POLÍMEROS PROCEDENTES DE LA BIOMASA.....	34
3.2.2. POLÍMEROS OBTENIDOS MEDIANTE PRODUCCIÓN MICROBIANA.....	39
3.2.3. POLÍMEROS SINTETIZADOS QUÍMICAMENTE DE FORMA CONVENCIONAL PERO CUYOS MONÓMEROS SON DE PROCEDENCIA NATURAL O BIO.....	43
3.2.4. POLÍMEROS SINTETIZADOS QUÍMICAMENTE DE FORMA CONVENCIONAL CUYOS MONÓMEROS SON DE PROCEDENCIA PETROQUÍMICA	46
4. ÁCIDO POLILÁCTICO, PLA.....	48
4.1. OBTENCIÓN DEL PLA.....	48
4.2. PROPIEDADES DEL PLA.....	56
4.3. APLICACIONES	61
4.4. COPOLÍMEROS Y MEZCLAS DE PLA.....	63
4.5. EL MERCADO DEL PLA	64
4.6. LÍNEAS DE DESARROLLO ACTUAL	66
5. TEORÍA DE LA ADHESIÓN.....	71
5.1. INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE LA ADHESIÓN POR ADHESIVOS.....	71
5.2. MÉTODOS DE ADHESIÓN.....	73
5.3. MODOS DE FALLO DE LAS UNIONES ADHESIVAS.....	76
5.4. TIPOS DE ADHESIVOS	78
5.4.1. ADHESIVOS PREPOLIMERIZADOS	80
5.4.2. ADHESIVOS REACTIVOS.....	81
5.4.3. ADHESIVOS BIODEGRADABLES	83

5.5.	MODIFICACIÓN DE SUPERFICIES DE MATERIALES POLIMÉRICOS PARA FACILITAR LA ADHESIÓN	87
6.	TRATAMIENTOS SUPERFICIALES CON PLASMA ATMOSFÉRICO.....	89
6.1.	TECNOLOGÍA DE PLASMA.....	89
6.2.	TIPOS DE PLASMA	94
6.3.	PLASMA ATMOSFÉRICO.....	97
II.	OBJETIVOS.....	105
1.	OBJETIVOS	107
2.	PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	108
2.1.	CARACTERIZACIÓN PREVIA DEL SUBSTRATO: LÁMINA DE ÁCIDO POLILÁCTICO (PLA).....	109
2.2.	CARACTERIZACIÓN DE LA HUMECTABILIDAD DE LA LÁMINA DE PLA TRATADO CON PLASMA ATMOSFÉRICO.	109
2.2.1.	PUESTA A PUNTO DEL EQUIPO PARA EL TRATAMIENTO DE PLASMA ATMOSFÉRICO.	110
2.2.2.	CARACTERIZACIÓN DE LOS CAMBIOS DE HUMECTABILIDAD MEDIANTE EL TRATAMIENTO DE PLASMA ATMOSFÉRICO.....	110
2.3.	CARACTERIZACIÓN DE LOS CAMBIOS TOPOGRÁFICOS DE LA LÁMINA DE PLA TRATADA CON PLASMA ATMOSFÉRICO.....	111
2.4.	CARACTERIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD SUPERFICIAL DE LA LÁMINA DE PLA TRATADO CON PLASMA ATMOSFÉRICO.	111
2.5.	ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES ADHESIVAS DE LA LÁMINA DE PLA TRATADA CON PLASMA ATMOSFÉRICO EN FUNCIÓN DE LAS VARIABLES DE PROCESO UTILIZADAS.....	112
2.5.1.	INFLUENCIA DEL TIEMPO DE CURADO DEL ADHESIVO.....	112
2.5.2.	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA UNIONES ADHESIVAS PLA/PLA EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA Y LA VELOCIDAD DE PASO DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE PLASMA ATMOSFÉRICO.....	112
2.6.	ANÁLISIS DEL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DE LAS SUPERFICIES DE PLA TRATADO CON PLASMA ATMOSFÉRICO.....	113

III. EXPERIMENTAL	117
1. MATERIALES	119
1.1. PLA	119
1.2. LÍQUIDOS DE CONTACTO	120
1.3. ADHESIVO	121
2. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	122
2.1. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	122
2.2. TRATAMIENTOS CON PLASMA ATMOSFÉRICO.	123
2.3. MEDICION DE ÁNGULOS DE CONTACTO.....	126
2.4. CÁLCULO DE LAS ENERGÍAS SUPERFICIALES.....	128
2.5. ESTUDIO DEL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DE LOS EFECTOS DEL PLASMA ATMOSFÉRICO EN AIRE	129
3. TÉCNICAS EXPERIMENTALES	130
3.1. CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO	130
3.2. ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO.....	132
3.3. ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJOS POR TRANSFORMADA DE FOURIER CON REFLECTANCIA TOTAL ATENUADA (FTIR-ATR)	134
3.4. ESPECTROSCOPIA FOTOELECTRÓNICA DE RAYOS X. (XPS).....	136
3.5. MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO (SEM).....	138
3.6. MICROSCOPIA DE FUERZA ATÓMICA. (AFM)	140
3.7. OTRAS TÉCNICAS DE ENSAYO	142
3.7.1. ENSAYOS DE CIZALLA DE UNIONES ADHESIVAS	142
3.7.2. LUPA ESTEREOSCÓPICA.....	146
3.7.3. DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE PESO POR ARRANQUE DE MATERIAL.....	147
3.7.4. CÁMARA DE TERMOGRAFÍA INFRARROJA.....	148
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	149
1. ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL TRATAMIENTO DE PLASMA ATMOSFÉRICO, EN DISTINTAS CONDICIONES DE PROCESO, SOBRE LA SUPERFICIE DE PLA	151

1.1.	CARACTERIZACIÓN DEL SUSTRATO DE ÁCIDO POLILÁCTICO (PLA).....	151
1.2.	INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DEL TRATAMIENTO DE PLASMA ATMOSFÉRICO SOBRE LA HUMECTABILIDAD DEL PLA	156
1.2.1.	ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DE LOS ÁNGULOS DE CONTACTO.....	156
1.2.2.	ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DE LA ENERGÍA SUPERFICIAL.....	166
1.3.	ESTUDIO DE LOS MECANISMOS DE ACTUACIÓN DEL PLASMA ATMOSFERICO SOBRE LA SUPERFICIE DEL PLA.....	180
1.3.1.	ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE LAS SUPERFICIES DE PLA TRATADAS CON PLASMA ATMOSFÉRICO EN DISTINTAS CONDICIONES.	180
1.3.2.	CARACTERIZACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL DEL PLA TRATADO CON PLASMA ATMOSFÉRICO EN DISTINTAS CONDICIONES	188
1.3.3.	ESTUDIO DE LA PÉRDIDA DE PESO DE LAS MUESTRAS DE PLA TRATADAS CON PLASMA ATMOSFÉRICO EN DISTINTAS CONDICIONES.	208
1.4.	CARACTERIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD SUPERFICIAL DEL PLA TRATADO CON PLASMA ATMOSFÉRICO.....	210
1.4.1.	CARACTERIZACIÓN MEDIANTE FTIR-ATR DE LA SUPERFICIE DEL SUSTRATO DE ÁCIDO POLILÁCTICO (PLA)	211
1.4.2.	CARACTERIZACIÓN MEDIANTE XPS DE LA SUPERFICIE DEL SUSTRATO DE ÁCIDO POLILÁCTICO (PLA)	213
1.5.	CONCLUSIONES PARCIALES.....	241
1.5.1.	RESPECTO A LA INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DEL TRATAMIENTO DE PLASMA ATMOSFÉRICO SOBRE LA HUMECTABILIDAD DEL PLA.....	241
1.5.2.	RESPECTO A LOS CAMBIOS EN LA TOPOGRAFÍA SUPERFICIAL DE LA LÁMINA DE PLA POR TRATAMIENTO DE PLASMA ATMOSFÉRICO	242
1.5.3.	RESPECTO A LA ACTIVACIÓN SUPERFICIAL DE LA LÁMINA DE PLA POR TRATAMIENTO DE PLASMA ATMOSFÉRICO.....	243
2.	ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES ADHESIVAS DEL PLA EN FUNCIÓN DE LAS VARIABLES DEL TRATAMIENTO DE PLASMA ATMOSFÉRICO ..	246
2.1.	OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CURADO DEL ADHESIVO BIODEGRADABLE	247
2.2.	INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DEL TRATAMIENTO DE PLASMA ATMOSFÉRICO SOBRE LAS PROPIEDADES DE ADHESIÓN DEL PLA.....	249
2.3.	ANÁLISIS DE LAS MORFOLOGÍAS DE LAS SUPERFICIES DE ROTURA TRAS EL ENSAYO DE CIZALLA.....	256
2.4.	CONCLUSIONES PARCIALES.....	280

3. ESTUDIO DEL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO DE LA SUPERFICIE DEL ÁCIDO POLILÁCTICO (PLA) TRATADO CON PLASMA ATMOSFÉRICO.....	282
3.1. VARIACIÓN DE LA HUMECTABILIDAD DURANTE EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO MEDIANTE EL ESTUDIO DE ÁNGULOS DE CONTACTO.....	283
3.2. VARIACIÓN DE LA HUMECTABILIDAD DURANTE EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO MEDIANTE EL ESTUDIO DE LAS ENERGÍAS SUPERFICIALES	296
3.3. ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES ADHESIVAS DEL PLA DURANTE EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO	311
3.4. CONCLUSIONES PARCIALES.....	325
V. CONCLUSIONES	329
VI. FUTURAS INVESTIGACIONES	337
1. Tratamiento de plasma atmosférico con otros gases.....	339
2. Mejorar el tiempo de activación superficial en sustratos biodegradables y estudio de las condiciones de envejecimiento.....	339
3. Tratamiento con plasma atmosférico sobre otros sustratos biodegradables.	339
4. Estudio de las condiciones de envejecimiento.....	340
5. Estudiar el comportamiento del sustrato de PLA en procesos posteriores al tratamiento de plasma atmosférico.....	340
VII. REFERENCIAS.....	341
APÉNDICES	361
1. ÍNDICE DE TABLAS	363
2. ÍNDICE DE FIGURAS.....	369