

Implementación de un método para alcanzar un paisaje resiliente mediante la ubicación apropiada de edificaciones rurales

Jin Su Jeong^a, Lorenzo García Moruno^a, David González Gómez^b y Steve Carver^c

RESUMEN: Planificar idóneamente la ubicación de edificaciones rurales es un proceso complejo que requiere armonización con el entorno. Este trabajo describe una metodología de análisis de decisión espacial multi-criterio mediante SIG. Se evalúa la idoneidad del área de estudio para albergar construcciones turísticas armonizadas en su entorno rural. Para establecer ponderaciones de criterios se emplea información de trabajos científicos, políticas regionales, directrices de la Unión Europea y opiniones de expertos. Los resultados muestran que el área más apropiada no responde a un única solución, y explican la fortaleza que supone la flexibilidad de ponderaciones en la toma de decisiones.

PALABRAS CLAVE: Análisis de decisión multi-criterio, construcción rural, evaluación de idoneidad, planificación de localizaciones, turismo, Proceso Analítico Jerárquico (PAJ).

Clasificación JEL: O18, O21, R14, R52, R53.

DOI: [10.7201/earn.2016.01.02](https://doi.org/10.7201/earn.2016.01.02).

Implementing a method for enhancing a resilient landscape with appropriate rural buildings placement

ABSTRACT: Suitable location planning of rural buildings is a complex process to be in harmony with landscapes. This paper presents a multi-criteria spatial decision analysis approach using GIS techniques. The research aim is to evaluate the study area suitability to sustainably site tourism rural commercial buildings with landscapes. The criteria weights were decided by the authors from relevant literature, regional policies and European Union (EU) directives and experts' discussion. The results reveal that the most suitable areas for placing them do not respond to a single solution. They explain the strengths of weighting flexibilities in the decision making process.

KEYWORDS: Analytical Hierarchical Process (AHP), location planning, multi-criteria decision analysis, rural building, suitability assessment, tourism.

JEL classification: O18, O21, R14, R52, R53.

DOI: [10.7201/earn.2016.01.02](https://doi.org/10.7201/earn.2016.01.02).

^a Dpto. Expresión Gráfica, Universidad de Extremadura.

^b Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura.

^c Dpt. Geography, University of Leeds.

1. Introducción

Cómo planificar de forma adecuada la ubicación de las numerosas construcciones hechas por el hombre responde a varios factores interconectados (Jeong *et al.*, 2012) que afectan a la propia construcción y a la relación entre el edificio y el entorno rural actual. Por ello, una cuestión clave es conocer cómo minimizar el impacto negativo de estos factores (Bell, 1995; De Vriesa *et al.*, 2012; Tassinari y Torreggiani, 2006). La acentuada expansión urbana que se produce desde el pasado siglo XX ha conllevado una gran proliferación de construcciones, no sólo en ámbitos urbanos sino también en áreas rurales. Este crecimiento en entornos rurales obedece a una mayor capacidad, por parte de la población, de usar estos entornos con fines recreacionales (Dwyer y Childs, 2004; Van der Wulp, 2009). En el sector turístico, el desarrollo sostenible y recuperable ha sido considerado ampliamente, ya que este puede satisfacer tanto las demandas turísticas, como proteger los lugares físicos, proporcionando oportunidades para favorecer el crecimiento económico y mejorando la calidad de vida de los residentes, propiciando la convivencia del desarrollo turístico y la calidad del medio ambiente (Eagles *et al.*, 2002). Junto con el creciente interés por cuestiones ambientales y por el patrimonio cultural, las mejoras locales en la calidad del medio ambiente conllevarían un aumento en el atractivo visual y también mejoran los valores estéticos y recreativos de sus entornos (Zhang Lei, 2012). Sin embargo, la planificación regional actual no ha evolucionado para hacer frente a estos nuevos cambios en el área rural (Jeong *et al.*, 2012). Por eso, la selección cuidadosa del emplazamiento de las edificaciones rurales podría mitigar los impactos negativos en el medio rural junto con una estrategia económica apropiada (Bell, 1995; García *et al.*, 2006; Tandy, 1979).

La utilización del Sistema de Información Geográfica (SIG) para el modelado espacial permite el análisis de grandes volúmenes de datos, otorgando expresión geográfica a las políticas económicas, sociales, culturales y ecológicas (Böhme y Schön, 2006; Hermann y Osinski, 1999). Además ofrece herramientas útiles para estudiar la localización geográfica en profundidad al considerar las limitaciones espaciales de planificación, las características visuales y el entorno paisajístico en general (Domingo-Santos *et al.*, 2011; Jeong *et al.*, 2014a; Tassinari y Torreggiani, 2006). Particularmente, esta herramienta proporciona información sobre el impacto global económico producido por un desarrollo urbanístico y rural (Hsu y Tan, 1999). A partir de este modelo, los tomadores de decisiones pueden evaluar la situación actual y obtener una idea de las condiciones futuras e, idealmente, de las posibles consecuencias de los planes y políticas que puedan estar considerando (Blaschke, 2006). La Evaluación Multi-Criterio (EMC) es un tipo particular de planificación espacial que proporciona asistencia a los tomadores de decisiones, permitiéndoles explorar y resolver múltiples y complejos problemas (Hwang y Yoon, 1981; Malczewski, 1999; Roy, 1996). La toma de decisiones incluye la elección de varios criterios y alternativas. Los criterios, por lo general, tienen diferente importancia, mientras que las alternativas se diferencian en función de las preferencias que adoptan los usuarios para cada criterio. La medición de ambos requiere una buena comprensión de los

métodos de medición, así como de las diferentes escalas de medida (Saaty, 1996; 2005). Por otro lado, el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) es un método de toma de decisiones ampliamente aceptado, que constituye una aproximación eficaz para extraer los pesos de importancia relativa de los criterios en un problema específico de toma de decisiones (Gemitzi *et al.*, 2006; Saaty, 1996; 2005). Por lo tanto, el proceso de colaboración es una alternativa adecuada para conciliar los enfoques individuales y para tomar decisiones que satisfagan a la totalidad o la mayoría de los participantes (Jankowski *et al.*, 1997).

El presente documento describe un método para determinar la localización más adecuada para la construcción de nuevos edificios turísticos de uso comercial en zonas rurales. Se basa en la comprensión de las limitaciones existentes en la planificación regional, en la periferia rural de la región norte de Extremadura, Hervás (España). El método propuesto se basa en la aplicación de un proceso PAJ para EMC combinado con un proceso de estandarización difusa y Ponderación Aditiva Simple (PAS) empleando un entorno SIG. Los criterios de evaluación se han establecido en función de la política europea de planificación (Consejo de la Unión Europea, 2001), de la ley de ordenación del territorio en Extremadura (LESOTEX, Ley 15/2001 de la ordenación del territorio y el paisaje de Extremadura) y de la revisión de la literatura relevante. Además, se ha dispuesto de un grupo de discusión formado por un conjunto de expertos encargados de validar objetivamente los criterios establecidos en las ponderaciones. De este modo, los criterios de evaluación permiten identificar los datos espaciales mediante un sistema de clasificación basado aspectos ambientales, físicos y económicos. La utilización de estos sofisticados métodos de estadística espacial constituye una innovación en el proceso de selección de la localización de edificaciones rurales. Aunque supone un esfuerzo en el análisis de resultados, es relevante mostrar las posibilidades que ofrece la combinación de SIG y los métodos de estadística espacial. Otro objetivo de esta investigación es mostrar la flexibilidad de esta técnica como es la exploración de distintas alternativas de decisión y patrones.

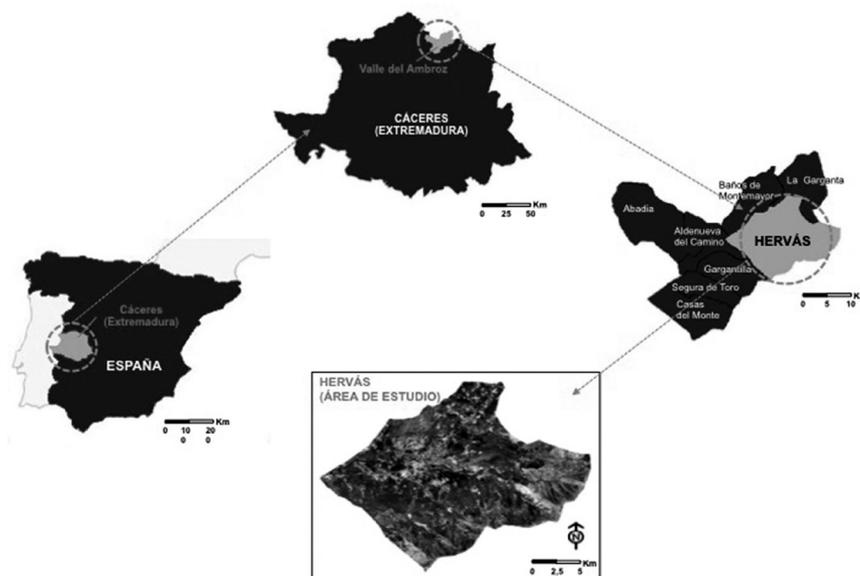
2. Descripción del área de estudio

Para este trabajo, se ha seleccionado Hervás como área de estudio. Se encuentra en la región de Valle del Ambroz al norte de la provincia de Cáceres (Extremadura, España) tal como se representa en el Mapa 1. La zona cuenta con una superficie total aproximada de unos 60 kilómetros cuadrados. La utilización del suelo sigue un sistema multifuncional agrosilvopastoral, la Dehesa. El paisaje dominante de la zona se caracteriza por la presencia de bosques de hoja caduca, donde predominan los castaños, lo cual ha permitido el desarrollo de un importante núcleo de empresas de manufactura de la castaña. Además, este entorno posee un alto valor biológico, paisajístico y recreativo con abundantes ríos y humedales que son destinos turísticos para el período estival. Desde un punto de vista socio-económico, desde los años cincuenta hasta los ochenta, la zona de estudio sufrió una importante despoblación debido a la emigración de su población a las ciudades. Ese abandono fue evolucionando en un nuevo mosaico regional (Jeong *et al.*, 2014b; Pinto-Correia, 2000). A principios

de los noventa, la introducción de una serie de iniciativas europeas en Extremadura propiciaron un cambio en esta región mediante la apuesta por un desarrollo rural sostenible (proyectos LEADER y PRODER, 2011). Durante las últimas décadas, se ha producido un notable desarrollo de las edificaciones rurales con fines vacacionales. Las actividades turísticas han aumentado en entornos naturales, lo que ha supuesto un importante crecimiento de nuevas construcciones hoteleras y de casas rurales. En el área de estudio propuesta, los puestos de trabajos relacionados con el turismo se pueden encontrar en sectores muy diferentes, tales como gastronomía, hospedaje, entretenimiento, inmobiliarias, agencias de viaje y servicios de transporte de viajeros (Hernández *et al.*, 2007; Jeong *et al.*, 2015).

MAPA 1

Localización del área de estudio, Hervás (norte de Extremadura, España)



Fuente: Elaboración propia.

Este desarrollo ha tenido su consecuente impacto. Como algunos investigadores han descrito, el continuo desarrollo en entornos urbanos y rurales ha provocado cambios sustanciales en el uso del suelo, reflejándose en la pérdida de los paisajes tradicionales (Pinto-Correia, 2000; Tassinari y Terreggiani, 2006). En un periodo muy corto, se ha producido la desestabilización de la naturaleza debido a los cambios acelerados en el uso de la tierra asociados con el desarrollo turístico y urbanístico. Para dar respuesta a la situación actual, se ha desarrollado la ley 15/2001 (LESO-TEX, Ley 15/2001 de la ordenación del territorio y el paisaje de Extremadura)

vinculada con la planificación territorial y regional mediante un conjunto de planes, programas y diferentes acciones que incluye la repercusión territorial. Sin embargo, esta ley no proporciona una contestación adecuada, al ser incapaz de dar respuestas coherentes a los problemas de planificación. Los cambios que se producen en el desarrollo rural están avanzando más rápidamente que la capacidad para darles una respuesta apropiada (Wascher *et al.*, 1999). Las fallidas políticas de planificación e instrumentos actuales necesitan de una profunda modificación y/o de la búsqueda de nuevas alternativas, que deben ser desarrollados. Además, el proceso de planificación debe entenderse y plantearse como un proceso de debate público, en el que se consiga obtener sugerencias alternativas, objeciones y puntos de vista y de colaboración con otras asociaciones y particulares.

3. Materiales y métodos

Con el fin de identificar la ubicación más apropiada para la construcción de edificaciones comerciales turísticas armonizadas en el entorno rural del área de estudio, se ha aplicado un proceso de evaluación multidisciplinar aplicando un conjunto múltiple de criterios. Este proceso se ha llevado a cabo mediante la aplicación de herramientas de análisis espacial proporcionadas por el SIG-EMC con un sistema mejorado de estandarización difusa, a base de ciertos criterios de evaluación (criterios ambientales, físicos y económicos). En este trabajo, se ha aplicado el método PAS para la evaluación del índice final de idoneidad para resolver el problema de criterios múltiples. En esta investigación se ha seguido el siguiente esquema para establecer el modelo de emplazamiento:

- Estandarizar el desarrollo de bases de datos SIG, que incluyan toda la información espacial relacionada con la región de estudio.
- Determinar de los criterios de evaluación que conforman los criterios múltiples jerárquicos.
- Aplicar la Matriz de Comparación por Pares (MCP) para determinar los pesos de importancia relativa mediante la aplicación del método PAJ. Como se muestra en el Cuadro 1, los tomadores de decisiones pueden emplear sus opiniones para cuantificar la magnitud de los criterios y sub-criterios.
- Agregar los pesos de criterios y los valores de los atributos para generar la diferente puntuación de idoneidad de las diferentes ubicaciones mediante el uso del método PAS.
- Implementar un proceso de agrupamiento espacial para representar las zonas de emplazamiento adecuadas.

CUADRO 1

Importancia relativa de la comparación por pares y sus valores numéricos

Intensidad más importante	Definición	Intensidad menos importante
1	Igual importancia o preferencia	1
2	De más o menos igual a moderada importancia o preferencia	1/2
3	Más o menos moderada importancia o preferencia	1/3
4	De más o menos moderado a fuerte importancia o preferencia	1/4
5	Más o menos intensa importancia o preferencia	1/5
6	De más o menos intensa a muy intensa importancia o preferencia	1/6
7	Más o menos muy intensa importancia o preferencia	1/7
8	De más o menos muy intensa a extremadamente intensa importancia o preferencia	1/8
9	Más o menos extrema importancia o preferencia	1/9

Fuente: Elaboración propia.

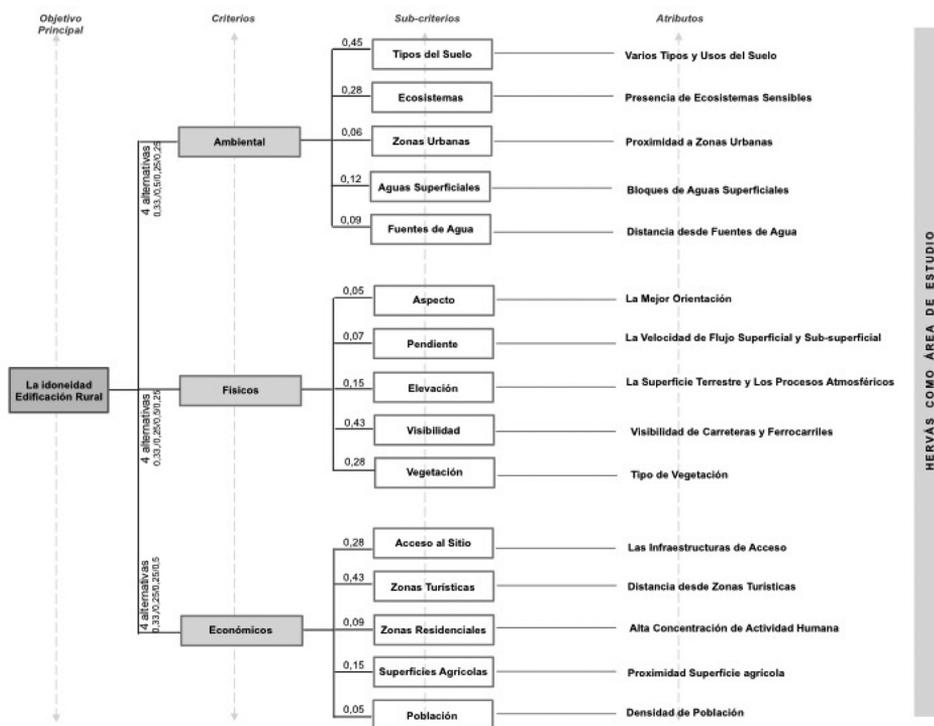
3.1. Evaluación de los criterios de toma de decisiones

De acuerdo con la influencia de los criterios de evaluación en la integración de edificaciones rurales, se han establecido tres criterios principales: ambientales, físicos y económicos. Estos criterios se basan en la información obtenida a través del estudio de bibliografía relevante, de las políticas regionales y de las directrices de la Unión Europea (UE). A pesar de que los criterios de las ponderaciones se basan en datos reales objetivos, la asignación de los mismos en el proceso de EMC puede considerarse como parcialmente subjetiva, ya que depende de la decisión tomada por los autores. De este modo, con objeto de reducir la posible subjetividad de los autores, de verificar las ponderaciones generadas, y de alcanzar un consenso a la hora de su establecimiento, se ha incluido un proceso de consulta y discusión con un panel de expertos, que ha permitido alcanzar un consenso a la hora de establecer las ponderaciones finales (Eastman *et al.*, 1993; Kapetsky y Nath, 1997). Este panel ha estado constituido por profesores, expertos en política regional, promotores y autoridades regionales.

Un total de quince sub-criterios están involucrados en el proceso de cálculo, concretamente (1) tipo de uso del suelo y políticas de planificación; (2) presencia de ecosistemas sensibles según el Reglamento de la Comisión Europea para la naturaleza y la política de biodiversidad (Natura, 2000); (3) proximidad a zonas urbanas; (4) presencia de aguas superficiales; (5) presencia de fuentes de agua; (6) aspecto; (7) pendiente; (8) elevación; (9) visibilidad; (10) tipo de vegetación; (11) acceso al sitio; (12) proximidad a zonas turísticas; (13) proximidad a zonas residenciales; (14) proximidad a superficies agrícolas y (15) densidad de población. Dentro del criterio principal ambiental se incluyen los sub-criterios 1 al 5, para el criterio físico los sub-criterios 6

al 10 y para el criterio económico, los sub-criterios 11 al 15. La estructura jerárquica del proceso de decisión consta de cuatro niveles: en el primer nivel se muestra el objetivo principal, la idoneidad edificio rural; el segundo nivel representa los criterios que apoyan el objetivo principal; el tercer nivel son los sub-criterios de cada criterio; y cuarto nivel los atributos espaciales de cada sub-criterio en el Gráfico 1.

GRÁFICO 1
Estructura jerárquica para la evaluación del proceso de decisión



Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 2

Cálculo de la matriz de criterios de comparación por pares en relación con los cinco sub-criterios

Escala de valoración continua de 9 puntos de comparación por pares: tres criterios							
	Subcriterios	Tipos del suelo	Ecosistemas	Zonas urbanas	Aguas superficiales	Fuentes de agua	Pesos
Ambientales	Tipos del suelo	1					0,45
	Ecosistemas	2	1				0,28
	Zonas urbanas	1/6	1/4	1			0,06
	Aguas superficiales	1/4	1/3	2	1		0,12
	Fuentes de agua	1/5	1/4	2	1/2	1	0,09
* $\lambda_{\max} = 5,09$, IC = 0,023, IA ₅ = 1,12 y RC = 0,02 < 0,1							
	Subcriterios	Aspecto	Pendiente	Elevación	Visibilidad	Vegetación	Pesos
Físicos	Aspecto	1					0,05
	Pendiente	2	1				0,07
	Elevación	4	3	1			0,15
	Visibilidad	6	5	4	1		0,43
	Vegetación	5	4	3	1/2	1	0,28
* $\lambda_{\max} = 5,19$, IC = 0,048, IA ₅ = 1,12 y RC = 0,04 < 0,1							
	Subcriterios	Acceso al sitio	Zonas turísticas	Zonas residenciales	Superficies agrícolas	Población	Pesos
Económicos	Acceso al sitio	1					0,28
	Zonas turísticas	3	1				0,43
	Zonas residenciales	1/4	1/4	1			0,09
	Superficies agrícolas	1/3	1/3	2	1		0,15
	Población	1/5	1/5	1/2	1/3	1	0,05
* $\lambda_{\max} = 5,18$, IC = 0,045, IA ₅ = 1,12 y RC = 0,04 < 0,1							

* λ_{\max} (autovalor); IC (Índice de Consistencia); IA (Índice Aleatorio); y RC (Ratio de Consistencia).

Fuente: Elaboración propia.

Criterios ambientales

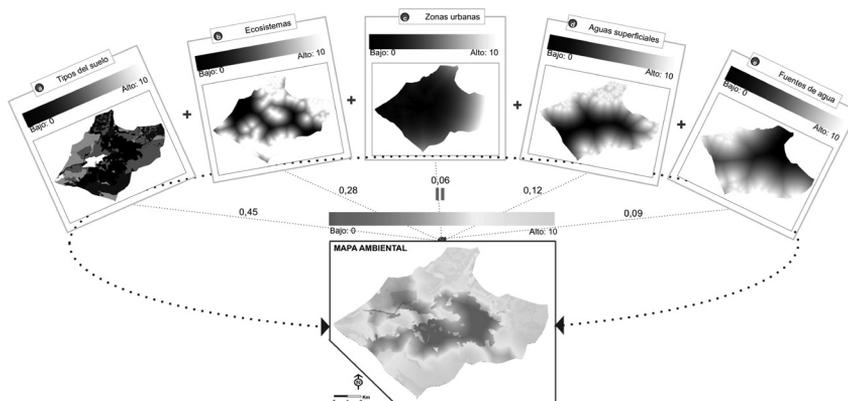
El criterio ambiental se conforma de cinco sub-criterios: tipos de uso del suelo, presencia de ecosistemas sensibles, proximidad a zonas urbanas; presencia de agua superficial; y presencia de fuentes de agua. Estos cinco sub-criterios están relacionados con la evaluación del área de estudio seleccionada (ver Gráfico 2) con base en los factores ponderados del Cuadro 2:

- **Uso del suelo:** este subcriterio es relevante para resolver los conflictos públicos sobre la aceptación de la integración de edificios no deseado. En este subcriterio se tienen en cuenta 8 aspectos diferentes: vegetación densa; vegetación dispersa; aguas superficiales; tierra cultivada y el terreno rocoso; terreno no cultivado y pastizales; área agrícolas; área urbanas; y los parámetros industriales que se ven afectados por la implantación de los nuevos edificios rurales adyacentes. En este estudio, los sub-criterios “presencia de vegetación densa”, como “tipo de vegetación” son considerados menos adecuados para el emplazamiento de nuevas edificaciones rurales. En el Gráfico 2a se muestra la representación espacial del “uso del suelo” con un valor de ponderación de subcriterio de 0,45.
- **Presencia de ecosistemas sensibles:** este es un subcriterio significativo debido a la contaminación o la degradación potencial de los ecosistemas sensibles. Este criterio está incluido en el Reglamento de la Comisión Europea para la naturaleza y las políticas de biodiversidad (Natura, 2000). De acuerdo con la legislación, los nuevos edificios no deben degradar los ambientes naturales únicos o zonas de interés ecológico y/o estético. En este estudio se considera tanto menos adecuado la ubicación de nuevas edificaciones rurales cuanto más próxima sea presencia de ecosistemas sensibles. La representación espacial de los ecosistemas sensibles con el valor de subcriterio 0,28 se muestra en el Gráfico 2b.
- **Proximidad a zonas urbanas:** para determinar los grados de este subcriterio se ha tenido en cuenta la distancia directa existente entre el sitio a examinar y las zonas urbanas. Para determinar los usos de la cobertura del terreno se ha utilizado una clasificación no supervisada mediante la incorporación de un proceso iterativo de selección aleatoria de la reflectancia espectral de los píxeles, obtenida mediante el Modelo de Elevación Digital (MED). Para este estudio, se consideran menos idóneas para la integración de construcciones rurales, las áreas más próximas a zonas urbanas. En el Gráfico 2c se muestra la representación espacial de este subcriterio con un valor de 0,06.
- **Agua superficial:** hay que considerar la presencia de bloques de agua superficial por su alto potencial a ser contaminados de forma controlada o incontrolada. Para la estimación de espacial de la distancia del área de estudio con los bloques de agua superficial se han empleado funciones de distancia euclidiana. Para este estudio, han sido considerados como agua superficial los lagos y los ríos con corrientes continua de agua. Se consideran poco adecuadas para la localización de edificaciones rurales las distancias radiales a estas aguas superficiales. En el Gráfico 2d se muestra la representación espacial de las aguas superficiales con un valor de sub-criterio de 0,12.
- **Fuentes de agua:** para la determinación espacial de las fuentes de agua se debe considerar un perímetro de protección de las mismas. La determinación espacial se calcula utilizando funciones euclidianas que miden una distancia recta. Las fuentes de agua incluidas en este estudio son manantiales y pozos de agua subterránea. Se consideran poco adecuadas para la localización de

edificaciones rurales las distancias radiales a estas fuentes de agua. En el Gráfico 2e se muestra la representación espacial de fuentes de agua con un valor de subcriterio de 0,09.

GRÁFICO 2

Mapa de idoneidad del criterio ambiental para unos valores de pesos de 0,45; 0,28; 0,06; 0,12 y 0,09 de los subcriterios utilización del terreno, presencia de ecosistema sensible, proximidad a zonas urbanas, agua superficial y fuentes de agua



Fuente: Elaboración propia.

Crterios Físicos

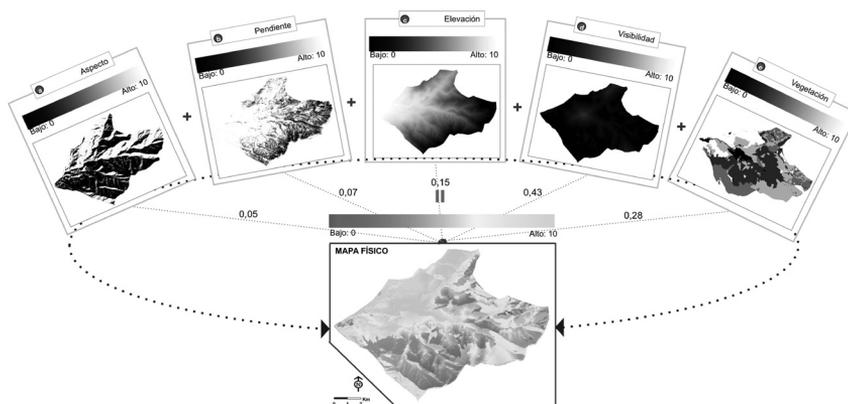
El grupo de criterios físicos se compone de cinco sub-criterios, concretamente aspecto, pendiente, elevación, visibilidad y tipo de vegetación. Estos sub-criterios se relacionan con la evaluación física y morfológica del área de estudio seleccionada como se muestra en la Gráfico 3 empleando los factores ponderados mostrados en la Cuadro 2:

- **Aspecto:** este subcriterio se establece para establecer la mejor orientación desde un punto de vista estético, sin considerar restricciones legales. Además, es un parámetro básico junto con la pendiente y la elevación al derivar de los criterios ambientales. Basándose en los análisis geográficos, la orientación sur y oeste suele ser menos adecuada en la selección de la nueva ubicación de edificaciones rurales. En el Gráfico 3a se muestra la representación espacial del subcriterio aspecto con un valor de 0,05.

- **Pendiente:** constituye otro parámetro básico derivado de los criterios ambientales. Este parámetro afecta a muchos procesos importantes del paisaje tales como la erosión potencial, tasa de escorrentía y a la velocidad de flujo superficial y sub-superficial. Para la metodología propuesta, este sub-criterio es muy relevante y su valor se expresa en grados. Generalmente, valores de pendientes muy pronunciadas no son adecuados, desde un punto de vista técnico, para la ubicación de nuevas construcciones rurales. La clasificación se basa en la premisa de que la zona más plana, presenta una mayor idoneidad para la construcción de edificios rurales. El Gráfico 3b muestra la representación espacial del sub-criterio pendiente del terreno con un valor de ponderación de 0,07.
- **Elevación:** constituye otro parámetro básico con una influencia importante sobre la superficie terrestre y los procesos atmosféricos. También deriva de los criterios ambientales, junto con aspecto, pendiente y el área específica de captación (Gallant y Wilson, 2000). Para este estudio, no se consideran localizaciones adecuadas para la construcción de edificaciones rurales, desde un punto de vista técnico, cuando el valor de máxima elevación es de 1.725 metros. El Gráfico 3c muestra la representación espacial del sub-criterio elevación del terreno con un valor de ponderación de 0,15.
- **Visibilidad:** con este parámetro se pretende proteger el valor estético de las zonas habitadas sin considerar ninguna restricción legal. La distancia visual y radial desde el sitio a carreteras y caminos locales se considera generalmente como menos adecuada para la localización de nuevas construcciones rurales. En este caso, no se han evaluado distancias directas, ya que la orografía propia de la zona hace que centros y vías urbanas próximas no sean visibles. El Gráfico 3d muestra la representación espacial del sub-criterio visibilidad con un valor de ponderación de 0,43.
- **Tipo de vegetación:** este subcriterio incluye la evaluación basada en la singularidad ecológica de la vegetación boscosa y de su extensión espacial. Se han considerado cuatro situaciones: vegetación densa; vegetación dispersa; cultivos y el terreno rocoso; zona no cultivada y pastos. Para este estudio, la presencia de vegetación densa se considera menos adecuada para el emplazamiento de nuevas edificaciones rurales. El Gráfico 3e muestra la representación espacial del sub-criterio tipo de vegetación con un valor de ponderación de 0,28.

GRÁFICO 3

Mapa de idoneidad del criterio físico para unos valores de pesos de 0,05; 0,07; 0,15; 0,43 y 0,28 de los subcriterios aspecto, pendiente, elevación, visibilidad y tipo de vegetación



Fuente: Elaboración propia.

Criterios económicos

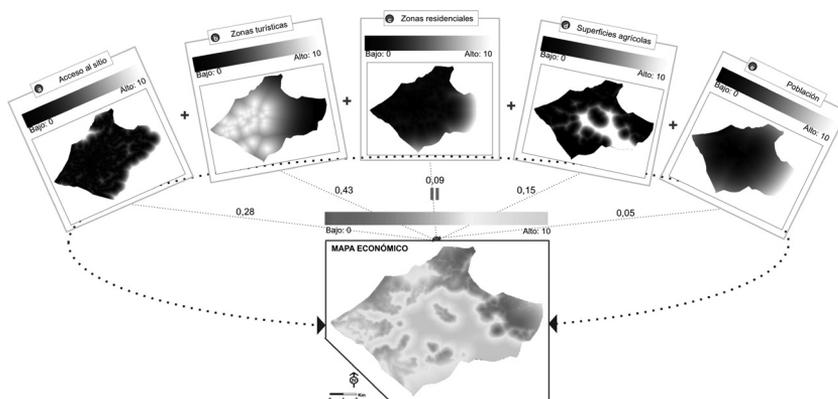
Esta categoría presenta cinco sub-criterios, acceso al sitio; proximidad a áreas turísticas; proximidad a áreas residenciales; proximidad a superficies agrícolas; y densidad de población. El Gráfico 4 muestra como se relaciona esta categoría con la región de estudio seleccionada empleando los factores de ponderación mostrados en el Cuadro 2.

- Acceso al sitio: la red de carreteras existente constituye la ruta principal de acceso a la región de estudio por parte de turistas. Las infraestructuras de acceso consideradas en este trabajo han sido autopistas, carreteras locales y vías férreas. Se ha empleado el método de cálculo de distancias mínimas para la determinación de las distancias euclidianas entre las carreteras y vías férreas existentes a cada celda de cuadrícula. Para este estudio se considera menos adecuado la mayor proximidad a estas infraestructuras. El Gráfico 4a muestra la representación espacial del sub-criterio acceso al sitio con un valor de ponderación de 0,28.
- Área turística: en este sub-criterio se incluyen aspectos culturales y arqueológicos, ya que proporciona información sobre el fondo económico y cultural de la zona de estudio. De acuerdo con la legislación, no está permitido el emplazamiento de construcciones en áreas de interés cultural con objeto de proteger el patrimonio cultural nacional, incluyéndose áreas arqueológicas e históricas. Así, para este estudio, se considera menos adecuada para la integración de construcciones rurales la proximidad a zonas turísticas. El Gráfico

- 4b muestra la representación espacial de este sub-criterio con un valor de ponderación de 0,43.
- **Área residencial:** se incluyen ciudades y pueblos con alta concentración de actividad humana. Además de los centros urbanos, también se considera la demanda de recursos asociada con la presencia de núcleos urbanos. Para este estudio, se considera menos adecuada la proximidad de zonas residenciales a la hora de ubicar nuevas construcciones rurales. El Gráfico 4c muestra la representación espacial de este sub-criterio con un valor de ponderación de 0,09.
 - **Proximidad superficie agrícola:** se incluyen las zonas circundantes a campos de cultivos ya que tienen mayor probabilidad de sufrir cambios en el uso del terreno. Además, se debe respetar la distancia mínima legal establecida para la protección de superficies agrícolas. Se empleó el método de cálculo de distancias mínimas para la determinación de las distancias euclidianas entre las zonas agrícolas existentes a cada celda de cuadrícula. Para este estudio, se considera menos adecuada para la integración de nuevas construcciones rurales la mayor proximidad a superficies agrícolas. El Gráfico 4d muestra la representación espacial de este sub-criterio con un valor de ponderación de 0,15.
 - **Densidad de población:** este subcriterio considera una zona de influencia alrededor de las ciudades, pueblos y asentamientos humanos. Se asocia con distancias económicas, de acuerdo con los datos del censo de 2011 proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE). Mayores distancias a núcleos de población se consideran menos adecuado para la ubicación de nuevas edificaciones rurales en la zona de estudio. El Gráfico 4e muestra la representación espacial de este subcriterio con un valor de ponderación de 0,05.

GRÁFICO 4

Mapa de idoneidad del criterio económico para unos valores de pesos de 0,28; 0,43; 0,09; 0,15 y 0,05 de los sub-criterios acceso al sitio, área turística, área residencial, área agrícola y densidad de población



Fuente: Elaboración propia.

3.2. Evaluación de la idoneidad del sitio

En este paso, se aplicó la metodología descrita anteriormente para combinar los criterios de evaluación y así determinar la idoneidad sitio para la construcción de la nueva edificación rural. Como punto de partida, se empleó PAJ y MCP para obtener los pesos relativos para examinar y juzgar la condición actual de los indicadores correspondientes a cada criterio. Seguidamente, la aplicación del método PAS permitió calcular el índice de idoneidad.

Para extraer los pesos de importancia relativa de los criterios se ha aplicado la metodología PAJ. Concretamente, se aplicó para formular el sistema de evaluación en un problema específico de toma de decisiones (Saaty, 1996; Zeleny, 1982). Este método, basado en el MCP, permite especificar la estructura jerárquica y determinar los pesos de importancia relativa de los criterios y subcriterios, asignando valores de los pesos preferidos para cada alternativa, y determinando la puntuación final. La estructuración de la MCP, por parte de los tomadores de decisiones, dependerá de la importancia percibida de cada criterio a partir de una escala inicial predeterminada, como se muestra en la Cuadro 1 (Balana *et al.*, 2010). En este estudio, se ha utilizado una escala de nueve puntos obedeciendo a los siguientes atributos, $a_{ii} = 1$ y $a_{ij} = 1/a_{ji}$. La estimación del vector propio de la MCP se aproxima utilizando la media geométrica de cada fila de la MCP (Saaty, 1996). Si la MCP es perfectamente consistente, entonces $a_{ij} = a_{ik} * a_{kj}$ para todas las posibles combinaciones de las comparaciones en la MCP. El método PAJ incluye un índice llamado Ratio de Consistencia (RC) que indica la coherencia global de la MCP (Golden *et al.*, 1989). Según Saaty (1996), el RC debe tener un valor de menos de 10 %, lo que indica la consistencia de la matriz. Para cada criterio mostrado en el Cuadro 2, el valor de peso prioritario calculado se indica en la última columna. La importancia relativa de los pesos finales se juzgan a partir de los parámetros PAJ.

La aplicación de PAS, como última etapa de esta metodología, emplea una escala de 9 puntos para extraer información. En este proceso, la puntuación de cada indicador se calcula comparando el estado actual de cada indicador en relación a la condición deseada. Este es el modo de calcular los valores de calificación finales en problemas multicriterio (Hwang y Yoon, 1981) sobre la base de una escala de clasificación para el índice de idoneidad de 0 a 10, o lo que es lo mismo de menor a mayor idoneidad (Yoon y Hwang, 1995). La puntuación dada a cada indicador permite compararlo con la condición deseada, así una puntuación de 9 para un indicador explicaría una situación de rendimiento excelente, una puntuación de 7 una situación de rendimiento bueno, una puntuación de 5 una situación de rendimiento aceptable y una puntuación de 1 correspondería con una situación de desempeño desfavorable en relación a la condición deseada. Valores de puntuación de 8, 6, 4 y 2 correspondería a situaciones intermedias en relación a lo indicado anteriormente (Balana *et al.*, 2010). Los criterios de evaluación se combinaron en una cuadrícula en la que se incluyen todos los grados calculados a partir de cada cuadrícula independiente. Los valores de clasificación de cada criterio de evaluación están contenidos en una cuadrícula compleja para cada campo de atributo apropiado.

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j v_{ij} \quad [1]$$

donde V_i es el área del índice i de idoneidad, w_j es el factor de ponderación de importancia relativa para el criterio j , V_{ij} es el valor de clasificación para el área i bajo el criterio j , n es el número total de criterios. Los criterios de evaluación se combinaron en una cuadrícula que incluye todas las clasificaciones calculadas a partir de cada rejilla por separado. Los valores de calificación, de cada criterio de evaluación, se acumulan en una red compleja para un apropiado atributo.

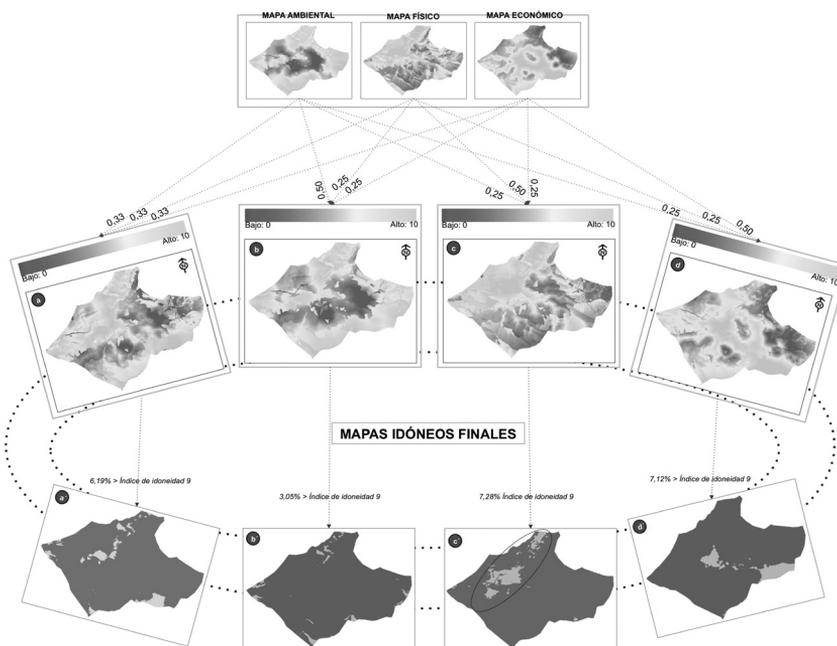
4. Resultados y discusión

En relación a la última capa del mapa final de idoneidad (Gráfico 5), se identifican las áreas más apropiadas para el emplazamiento de nuevas construcciones comerciales turísticas en el entorno rural de Hervás (Extremadura, España). La metodología PAS supuso un procedimiento adecuado para afrontar de forma apropiada el problema de criterios múltiples para la localización de construcciones rurales. Como su muestra en el Gráfico 5, los posibles escenarios de agrupación fueron ilustrados empleando tres criterios principales, que se combinaron con quince subcriterios.

El mapa de la Gráfico 5 muestra cuatro escenarios diferentes generados a partir de los diferentes pesos aplicados a cada criterio. Por ejemplo, en la alternativa (a) se han aplicado valores de pesos iguales a los tres criterios; en la alternativa (b) se aplica un peso de 0,5 para el criterio ambiental y un valor de 0,25 para el resto de criterios; en la alternativa (c) se aplica un peso de 0,5 para el criterio físico y un valor de 0,25 para el resto de criterios; en la alternativa (d) se aplica un peso de 0,5 para el criterio económico y un valor de 0,25 para el resto de criterios. El Gráfico 5 también muestra que la idoneidad del terreno aumenta cuando aumenta el índice de idoneidad. Áreas con un índice de idoneidad comprendido entre 0 y 4 pueden ser consideradas, generalmente, como no idóneas para el emplazamiento de nuevas construcciones rurales. Áreas con valores en el rango de 9 a 10 pueden considerarse como las más apropiadas para la ubicación de las nuevas construcciones rurales. Los resultados se muestran en porcentaje de idoneidad de área, por ejemplo, en la alternativa (a) el 6,19 % de la superficie presenta valores de índices comprendidos entre 9 y 10; en la alternativa (b) se asignan valores de índices comprendidos entre 9 y 10 al 3,05 % del área total; en la alternativa (c) el porcentaje de área más idónea es de 7,28 % con valores comprendidos entre 9 y 10; en la alternativa (d) el porcentaje del más idóneo del área total es de 7,12 %, nuevamente con valores comprendidos entre 9 y 10.

GRÁFICO 5

Possible mapa final de idoneidad derivado de los mapas intermedios aplicando (a) pesos iguales; o los siguientes valores de pesos (b) 0,50; 0,25 y 0,25; (c) 0,25; 0,50 y 0,25; (d) 0,25; 0,25 y 0,50 para los criterios ambientales, físicos y económicos respectivamente



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del proceso de agrupamiento también muestran gran interés, ya que resaltan diferentes patrones espaciales generados a partir de los pesos asignados a los objetivos ambientales, físicos y económicos. También establecen que la metodología presentada es capaz de mostrar las áreas más adecuadas para el emplazamiento en su paisaje de nuevas construcciones rurales, a la vez que proporciona una escala de idoneidad de áreas. Por tanto, la integración de modelos de decisión espacial multi-criterio basados en la metodología descrita en este trabajo puede resultar de gran utilidad a la hora de alcanzar la decisión final.

5. Conclusiones

Este estudio presenta una aplicación eficiente de evaluación multi-criterio basada en SIG que permite la caracterización y evaluación de ubicaciones adecuadas para la construcción de nuevas construcciones comerciales turísticas en el entorno rural

de Hervás (Extremadura, España). En particular, en el estudio de caso se ha presentado un enfoque de los procedimientos de agrupamiento PAJ/PAS para generar una amplia gama de alternativas de decisión para los problemas de adecuación de construcción rural. El EMC se utilizó para formular el problema emplazamiento en una estructura de decisión de cuatro niveles jerárquicos: objetivo, criterios de evaluación, sub-criterios y atributos espaciales. El método PAJ se utilizó para extraer los pesos de importancia relativa de los criterios de evaluación. Finalmente, el método PAS se utilizó para calcular los índices de idoneidad, con el fin de resolver el problema de la integración de la nueva construcción en su entorno.

La selección de los criterios presentados en este trabajo se limitó a la utilización de los únicos datos disponibles actualmente de fuentes públicas, de acuerdo a legislación extremeña (LESOTEX, Ley 15/2001 de la ordenación del territorio y el paisaje de Extremadura), la legislación de la UE y la revisión de la literatura relevante. Con objeto de reducir la posible subjetividad de los autores, de verificar las ponderaciones generadas, y de alcanzar un consenso a la hora de su establecimiento, se ha incluido un proceso de consulta y discusión con un panel de expertos, que ha permitido alcanzar un consenso a la hora de establecer las ponderaciones finales. La metodología que se presenta, sin embargo, es flexible en la medida que se refiere a la determinación de criterios. Además, la metodología se puede extender fácilmente, por ejemplo, tomando otros parámetros de criterios y sub-criterios, que podrían generar diferentes alternativas de decisión. El objetivo principal de estos resultados preliminares es la implementación de una metodología flexible, más que establecer todos los posibles criterios y sub-criterios de evaluación. Además, este estudio puede aplicarse a otras áreas rurales con un entorno socio-económico comparable y entorno medioambiental similar. Los resultados del estudio demuestran que el objetivo del enfoque no es encontrar una única solución adecuada, sino explicar las ventajas que presenta la flexibilidad de ponderación de la aplicación. Del mismo modo, la metodología que se discute en este documento puede ser muy útil no sólo en la decisión final, sino también en el proceso de toma de decisiones.

Referencias

- Balana, B.B., Mathijs, E. y Muys, B. (2010). "Assessing the sustainability of forest management: An application of multi-criteria decision analysis to community forests in northern Ethiopia". *Journal of Environmental Management*, 91(6): 1294-1304. <http://doi.org/dcnwwr>.
- Bell, S. (1995). *Elements of visual design in the landscape*. E&FN Spon, London.
- Blaschke, T. (2006). "The role of the spatial dimension within the framework of sustainable landscapes and natural capital". *Landscape and Urban Planning*, 75(3-4): 198-226. <http://doi.org/fpqsmz>.
- Böhme, K. y Schön, P. (2006). "From Leipzig to Leipzig: Territorial research delivers evidence for the new territorial agenda of the European Union". *disP - The Planning Review*, 42(165): 61-70. <http://doi.org/bcjv>.

- Council of the European Union. (2001). "Council resolution on architectural quality in urban and rural environments (2001/C 73/04)". *Official Journal of the European Communities*, n. C73: 6/3/2001. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001G0306%2803%29&from=EN>. Último acceso: Octubre, 2014.
- De Vriesa, S., de Grootb, M. y Boersb, J. (2012). "Eyesores in sight: Quantifying the impact of man-made elements on the scenic beauty of Dutch landscapes". *Landscape and Urban Planning*, 105(1-2): 118-127. <http://doi.org/fx489n>.
- Dwyer, J.F. y Childs, G.M. (2004). "Movement of people across the landscape: A blurring of distinctions between area, interests, and issues affecting natural resource management". *Landscape and Urban Planning*, 69(2-3): 153-164. <http://doi.org/dsq352>.
- Domingo-Santos J.M., Fernández de Villarán, R., Rapp-Arrarás, I. y Corral-Pazos de Provens, E. (2011). "The visual exposure in forest and rural landscapes: An algorithm and a GIS tool". *Landscape and Urban Planning*, 101(1): 52-58. <http://doi.org/bf7cvk>.
- Eagles, P.F.J., McCool, S.F. y Haynes, C.F. (2002). *Sustainable tourism in protected areas: guidelines for planning and management*. International Union for the Conservation of Nature. Gland, Switzerland.
- Eastman, J.R., Kyem, P.A.K., Toledano, J. y Jin, W. (1993). *GIS and Decision Making, United Nations Institute for Training and Research. Explorations in Geographic Information Systems Technology*. The Clarks Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis, Clark University, Worcester, M.A.
- Gallant, J.C. y Wilson, J.P. (2000). "Primary Topographic Attributes". En Wilson, J.P. y Gallant, J.C. (Eds.): *Terrain Analysis Principles and Applications*. John Wiley & Sons, New York: 51-85.
- García, L., Hernández, J. y Ayuga, F. (2006). "Analysis of the materials and exterior texture of agro-industrial buildings: A photo-analytical approach to landscape integration". *Landscape and Urban Planning*, 74(2): 110-124. <http://doi.org/d63zbq>.
- Gemitzi, A., Petalas, C., Tsihrintzis, V. y Pisinaras, V. (2006). "Assessment of groundwater vulnerability to pollution: A combination of GIS, fuzzy logic and decision making techniques". *Environmental Geology*, 49(5): 653-673. <http://doi.org/df9dtm>.
- Golden, B., Harker, P. y Wasil, E. (1989). *The analytic hierarchy process: Applications and studies*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Hermann, S. y Osinski, E. (1999). "Planning sustainable land use in rural areas at different spatial levels using GIS and modelling tools". *Landscape and Urban Planning*, 46(1-3): 93-101. <http://doi.org/frr2k8>.
- Hernández, J., García, L., Montero, M., Sánchez, A. y López, S. (2007). *Determinación de impactos producidos en los humedales de Extremadura para su defensa y protección ambiental*. Universidad de Extremadura, Plasencia.

- Hsu, S.K. y Tan, L.T. (1999). "Agroindustry location under output price uncertainty". *The Annals of Regional Science*, 33(3): 289-303. <http://doi.org/btm34q>.
- Hwang, C.L. y Yoon, K.L. (1981). *Multiple attribute decision making: methods and applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- INE. (2011). *Instituto nacional de estadística*. Disponible en: <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft20%2Fe260%2Fa2011%2F&file=pcaxis&N=&L=0>. Último acceso: Noviembre, 2014.
- Jankowski, P., Nyerges, T., Smith, A., Moore, T.J. y Horvath, E. (1997). "Spatial group choice: A SDSS tool for collaborative spatial decision-making". *International Journal of Geographical Information Systems*, 11(6): 577-602.
- Jeong, J.S., García-Moruno, L. y Hernández-Blanco, J. (2012). "Integrating buildings into a rural landscape using a multi-criteria spatial decision analysis in GIS-enabled web environment". *Biosystems Engineering*, 112(2): 82-92. <http://doi.org/bcjw>.
- Jeong, J.S., Hernández-Blanco, J. y García-Moruno, L. (2014a). "Approaches to validating a mutual participatory web-planning interface in rural Extremadura (Spain)". *Land Use Policy*, 39: 211-223. <http://doi.org/bcjx>.
- Jeong, J.S., García-Moruno, L., Hernández-Blanco, J. y Jaraíz-Cabanillas, F.J. (2014b). "An operational method to supporting siting decisions for sustainable rural second home planning in ecotourism sites". *Land Use Policy*, 41: 550-560. <http://doi.org/bcjz>.
- Jeong, J.S., Montero-Parejo, M.J., García-Moruno, L. y Hernández-Blanco, J. (2015). "The visual evaluation of rural areas: A methodological approach for the spatial planning and color design of scattered second homes with an example in Hervás, Western Spain". *Land Use Policy*, 46: 330-340. <http://doi.org/bcj2>.
- Kapetsky, J.M. y Nath, S.S. (1997). "A strategic assessment of the potential for freshwater fish farming in Latin America". *COPESCAL Technical Paper*, Rome, no. 10. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/w5268e/w5268e00.HTM>. Último acceso: Enero, 2015.
- LEADER y PRODER. (2011). *Las políticas europeas LEADER y PRODER en Extremadura (España): el desarrollo rural en Extremadura: las políticas europeas y el impacto de los programas LEADER y PRODER*. Editorial Académica Española, Mérida.
- LESOTEX. (2001). *Guía práctica de aplicación de la Ley 15/2001 del suelo y ordenación territorial de Extremadura*. Disponible en: http://sitex.juntaex.es/sias/Documentacion/guia_practica.pdf. Último acceso: Diciembre, 2014.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons, New York.
- NATURA. (2000). *European commission environment for nature & biodiversity policy*. Disponible en: http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm Último acceso: Enero, 2015.

- Pinto-Correia, T. (2000). "Future development in Portuguese rural areas: How to manage agricultural support for landscape conservation?" *Landscape and Urban Planning*, 50(1-3): 95-106. <http://doi.org/cwsd87>.
- Roy, B. (1996). *Multicriteria methodology for decision aiding*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Saaty, T.L. (1996). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill, New York.
- Saaty, T.L. (2005). *Theory and applications of the theory of the analytic network processes. Decision making with benefits, opportunities, costs, and risks*. RWS Publications, Pittsburgh.
- Tandy, C. (1979). *Industria y paisaje*. Ed Leonard Hill Books, Madrid.
- Tassinari, P. y Torreggiani, D. (2006). "Location planning: A methodological approach for agro-industrial buildings in rural territory". *Transactions of the ASAE*, 49(2): 505-516. <http://doi.org/bcj3>.
- Van der Wulp, N.Y. (2009). "Verrommeling van het landschap, de rol van storende elementen". *Landschap*, 26: 132-144.
- Wascher, D., Múgica, M. y Gulinck, H. (1999). "Establishing targets to assess agricultural impacts on European landscapes". En Brouwer, F. y Crabtree, B. (Eds.): *Environmental indicators and agricultural policy*. Wageningen: 73-87.
- Yoon, K. y Hwang, C.L. (1995). *Multiple attribute decision making: An introduction*. Sage Publications, London.
- Zeleny, M. (1982). *Multiple criteria decision making*. McGraw-Hill, New York.
- Zhang H. y Lei, S.L. (2012). "A structural model of residents' intention to participate in ecotourism: The case of a wetland community". *Tourism Management*, 33(4): 916-925. <http://doi.org/fqv2x4>.