

DETECCIÓN DE PROBLEMAS EN LA LOCALIZACIÓN DE USOS DEL SUELO MEDIANTE SIG Y AHP: EL CASO DE RIBA-ROJA DE TÚRIA (VALENCIA)

MIGUEL ÁNGEL BELENGUER PLOMER¹

Departamento de Geografía, Universidad de Valencia.
Av. de Blasco Ibáñez 28, 46010. Valencia, España.

¹belenguerplomer@hotmail.com

RESUMEN

Los cambios en los usos del suelo en ocasiones se producen sin tener en cuenta las características del territorio, lo que puede generar impactos medioambientales. En este artículo se han detectado los problemas en la localización de los usos del suelo del término municipal de Riba-roja de Túria (Valencia). Para tal fin se han calculado los mapas de capacidad de acogida, los cuales muestran la idoneidad territorial para cada uno de los usos del suelo presentes. Estos mapas se han elaborado empleando Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC), concretamente el *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Posteriormente se han cruzado las zonas actuales del área de estudio dedicadas a cada uso con el mapa de idoneidad territorial de cada uno de estos, detectando así las zonas en las que se da un uso a pesar de que exista una baja idoneidad territorial para albergarlo. Esto sucede en el 19,28 % del área de estudio.

Palabras clave: Problemas de localización, usos del suelo, planificación, idoneidad territorial, SIG, EMC.

DETECTION OF PROBLEMS IN LAND USE LOCALIZATION BY GIS AND AHP: THE CASE OF RIBA-ROJA DE TURIA (VALENCIA)

ABSTRACT

Changes in land use sometimes occur regardless of the characteristics of the territory, which may generate environmental impacts. This paper detected land use localization problems in Riba-roja de Túria (Valencia). Thus, land use suitability maps have been calculated, which show the territorial suitability for each existent land use. These maps were developed using Geographic Information Systems (GIS) and Multicriteria Evaluation techniques (MCE), specifically the *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Subsequently, we have compared current areas of the study field dedicated to each use with the map of regional suitability of each of these, and thereby we

Recibido: 25/10/2015

Aceptada versión definitiva: 11/10/2016

Editora al cargo: Dra. Anna Badia Perpinyà

[Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International \(CC BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

© Los autores
www.geofocus.org

have detected the areas where a land use exists, despite this use does not have a good land suitability in this area. This happens in the 19.28 % of the study area.

Keywords: Localization problems, land use, planning, land suitability, GIS, MCE.

1. Introducción

Los problemas en la localización de los usos del suelo que se estudian en este artículo son los derivados de cualquier actividad humana que se extienda sobre un área que no ofrezca las características territoriales necesarias, para que en ella se desarrolle óptimamente el uso, y/o donde dicho uso genere un impacto elevado en el medio (Gómez Orea 2002, 284). Se pretende así examinar si estos problemas están muy extendidos por el término municipal de Riba-roja de Túria (Valencia). La selección del área de estudio se debe a que en solamente 5,7 km², que es la superficie del término municipal en cuestión, se llevan a cabo numerosas actividades territoriales diferentes, lo que permite obtener unos resultados muy variados acerca de los problemas en la localización de los diferentes usos.

Estos problemas presentan una relación directa con el crecimiento económico, urbano y demográfico, puesto que al incrementarse la presión y los proyectos sobre el territorio, se suele edificar en zonas poco apropiadas como consecuencia del afán especulativo, sin realizarse estudios previos acerca de la idoneidad de los emplazamientos en cuestión. Por tanto, el número de problemas en la localización de los usos del suelo se incrementa. Un claro ejemplo de esta situación es la burbuja inmobiliaria que sacudió España entre 1998 y 2005 (Ruiz y Zhang 2013), la cual hizo que se edificasen lugares que no eran apropiados dadas sus características, o simplemente proyectos que no eran necesarios, puesto que casi 10 años después siguen sin ser empleados para el cometido que se diseñaron. Como es el caso de la "autopista fantasma" de Madrid, la MP-203, la cual está actualmente cerrada al tráfico a causa de no ser rentable, de la misma forma que el resto de autopistas radiales de la capital (Espinosa 2014). Igualmente, el levante de la península Ibérica es una de las zonas que más ha sufrido los efectos especulativos de dicha burbuja inmobiliaria, y donde se han llevado a cabo numerosos proyectos con incidencia territorial sin preocuparse por las características del mismo, tal y como se demuestra en este artículo, donde nos centramos únicamente al término municipal de Riba-roja de Túria. Estos proyectos son muy variados, desde vertederos en zonas muy permeables, transformación de cultivos de secano a regadío en áreas con déficit hídrico, o construcción de polígonos industriales en zonas de protección de restos arqueológicos.

Actualmente, estudios de este tipo presentan un elevado interés y utilidad para los planificadores, dado que estos están teniendo que hacer frente a nuevos retos por parte de la ciudadanía como el NIMBY (*Not In My Back Yard*) o el LULU (*Locally Unwanted Land Use*), los cuales son movimientos ciudadanos en contra de que se lleve a cabo la instalación de una determinada actividad en zonas donde los ciudadanos no quieran. Por lo que en los nuevos planes y proyectos que se diseñen se ha de lograr un equilibrio social y ecológico, sin dejar de contribuir al crecimiento económico (Joerin *et al.* 2001). Además, en el caso de la Comunidad Valenciana, la

actual Ley 5/2014, de 25 de julio, de Ordenación del Territorio Urbanismo y Paisaje de la Comunidad Valenciana (en adelante LOTUP 5/2014), pone en relevancia las investigaciones de este tipo, dedicadas a los que se denomina en dicha ley como: *ordenación territorial estructural*, la cual es la que se encarga de definir el modelo territorial de un municipio y de regular la localización espacial de los usos generales (art. 19 LOTUP 5/2014, de 25 de julio). En este artículo, además de la LOTUP 5/2014, se ha considerado todo el marco normativo existente que hace referencia al territorio para determinar las incongruencias legales presentes en este como parte de los problemas en la localización de los usos del suelo dentro del área de estudio.

El objetivo principal de este artículo es detectar los problemas en la localización de los usos del suelo dentro del término municipal de Riba-roja de Túria. Para llevar a cabo dicha detección se han calculado los mapas de idoneidad territorial, también conocidos como mapas de capacidad de acogida, para cada uno de los usos territoriales de origen antropogénico que se desarrollan en el término municipal seleccionado. Estos mapas se han generado con el fin de cruzar la información cartográfica acerca de la idoneidad territorial de cada uso con la ubicación actual de estos. Así se pretende detectar los problemas en la ubicación de los usos del suelo, hallando los emplazamientos donde a pesar de que la idoneidad específica para albergar un determinado uso territorial es baja, este uso está ubicado en dicha zona. En este artículo se aporta una nueva variación metodológica para la elaboración de los mapas de capacidad de acogida, la cual se basa en combinar mediante una tabla de doble entrada las variables que determinan los impactos y las aptitudes de la capacidad de acogida para cada uso del suelo.

Asimismo, para el cálculo de los mapas de idoneidad territorial se ha empleado una técnica de Evaluación Multicriterio (EMC), la *Analysis Network Process* (AHP). Dicha técnica permite establecer los pesos de las diferentes variables territoriales para obtener los mapas de capacidad de acogida de cada uso del suelo, dado que no todas las variables tienen el mismo grado de importancia en el cálculo de la idoneidad territorial de cada actividad. También se han empleado los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para calcular estos mapas, y detectar los problemas en la localización de los usos mediante una superposición de capas cartográficas. En los siguientes apartados se ha profundizado en los estudios de capacidad de acogida del territorio y las principales técnicas de evaluación multicriterio, la metodología empleada, y los resultados y discusiones. Por último, el artículo se ha finalizado con las conclusiones obtenidas y la bibliografía consultada.

2. La Capacidad de Acogida del Territorio y las técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC)

La capacidad de acogida del territorio representa el grado de idoneidad para cada actividad que puede implantarse en el mismo, teniendo en cuenta el impacto que puede ocasionar y la aptitud que le brinda el medio (Gómez Orea 2003, 111-113). El objetivo de dicha técnica es identificar los niveles de adecuación del territorio para diferentes usos del suelo en base a la localización y desarrollo de las diferentes actividades, y a los elementos ambientales existentes (Malczewski 2004). Las principales líneas de trabajo actuales con los mapas de capacidad de acogida son las siguientes (Collins *et al.* 2001): estudios sobre localización de usos del suelo concretos (1), revisiones de impactos ambientales (2) y desarrollo de planes del suelo (3). Este artículo se encuentra en la primera línea de trabajo, dado que el objetivo del mismo es detectar los problemas en la localización de usos del suelo concretos.

La primera aproximación a este método surgió a finales del siglo XIX y principios del XX a manos de la asociación de Arquitectos Paisajistas de América. No fue hasta los años 1950, con la publicación de: *Town and Country Planning Textbook* por parte de la *Association for Planning and Regional Reconstruction*, cuando se produjo la primera discusión académica acerca del método empleado hasta el momento, basado en la superposición física de mapas impresos. A raíz de esta discusión el método de obtención de la capacidad de acogida fue ampliamente aceptado en todo el mundo (Collins *et al.* 2001). Esta discusión se retomó en los años 1960, y fue a lo largo de esta década cuando se comenzó a publicar literatura específica acerca de las técnicas de superposición de mapas y el uso de estas en proyectos específicos. Un vez entrada la década de 1960, los ordenadores fueron adquiriendo el protagonismo a la hora de estimar la idoneidad territorial, siendo el programa informático *Synagraphic Mapping System* (SYMAP) desarrollado en 1963 por el *Laboratory for Computer Graphics at the Harvard University Graduate School of Design* el primero capaz de gestionar mapas y poder operar con ellos (Steinitz 2013). El desarrollo del SYMAP permitió estimar la idoneidad del territorio de un modo más rápido y eficiente. Así, se continuó trabajando en el desarrollo y avance de este tipo de programas durante las siguientes décadas, teniendo en los años 1970 la suficiente capacidad tecnológica y operativa para automatizar y analizar diferentes datos espaciales (Chandio *et al.* 2012). Con la entrada de los años 1980, el uso de los SIG se expandió hacia el ámbito político, donde la principal aplicación era la modelación cartográfica. Pronto se comenzó a introducir técnicas de evaluación multicriterio (EMC) (Malczewski 2004), que permitieron superar las deficiencias acerca de la normalización inapropiada de la idoneidad de los mapas existentes en el método de superposición (Liu *et al.* 2014). Con esta introducción se produjo un proceso de redefinición de la información geográfica, dado que permitió analizar diferentes alternativas mediante criterios matemáticos. Esta introducción fue un gran avance en el uso de los SIG, ya que dichas técnicas permiten otorgar pesos a las diferentes variables territoriales analizadas en base a la importancia de cada una sobre la idoneidad del suelo (Bagheri *et al.* 2012, Malczewski 2004), lo cual se ha realizado en el presente artículo.

Existen numerosas técnicas de EMC como: *Weighted Linear Combination* (WLC), *Weighted Potential Constraints Method* (WPCM), *Ideal Point Method* (IPM), *Ordered Weighted Averaging* (OWA), *Land Suitability Index Model* (LSIM), *Ecological Niche Suitability Model* (ENSM), *Analytic Hierarchy Process* (AHP) y *Analysis Network Process* (ANP) (Liu *et al.* 2014), aunque son el AHP y el ANP las dos técnicas que más destacan por ser las más utilizadas en el ámbito de la idoneidad territorial (Pouvebrahim *et al.* 2011). El AHP fue desarrollado por Saaty en los años 70, y se basa en la realización de comparaciones por pares para determinar prioridades entre los factores. La exactitud de los resultados depende de la consistencia de los juicios de valor otorgados en dichas comparaciones. Esta se calcula a través del ratio de consistencia, el cual mide la coherencia lógica de los juicios que se han otorgado y permite detectar errores de valoración en la matriz de comparación (Saaty 1990). Este método es ampliamente utilizado en SIG desde la década de 1990 y su amplia utilización se debe principalmente a la sencillez de su comprensión, y a la capacidad de poder integrar datos heterogéneos y de poder calcular pesos relativos en base a la importancia de cada factor (Malczewski 2006, Feizizadeh y Blaschke 2013). La principal forma de integrar el AHP con los SIG es derivando los pesos asociados a los atributos de las capas de los mapas empleados, y jerarquizando cada variable mediante la asignación de un peso a cada una de ellas que represente su importancia relativa respecto al resto de variables (Malczewski 2006). Sin embargo, hay autores que argumentan en contra del AHP como método de decisión multicriterio,

puesto que las decisiones que se obtienen dependen demasiado del peso subjetivo de cada factor sobre el resto que otorga el propio investigador. Por tanto, algunos estudios optan por emplear el *Analysis Network Process* (ANP) como técnica de EMC, debido a que el ANP supera los problemas de retroalimentación (*feedback*) e interdependencia entre criterios y alternativas al utilizar una estructura en red, en vez de la unidireccional que emplea el AHP (Yang *et al.* 2008). No obstante, el problema del ANP es su elevada dificultad en comparación con el AHP. En este estudio se ha empleado el AHP dado que ha sido preciso obtener una ponderación determinada en cada uso artificial del suelo, lo cual habría sido demasiado complejo mediante el ANP.

Actualmente, los avances en torno al cálculo de la idoneidad territorial van ligados además de a las decisiones de análisis multicriterio, a la inteligencia artificial (IA), la cual pretende desarrollar sistemas que imiten la inteligencia humana sin llegar a una comprensión de los procedimientos llevados a cabo. La principal área de IA en las tecnologías de la información geográfica es el *Soft Computing* (Malczewski 2004), una rama de la IA que unifica técnicas cuya finalidad es operar a través de información incompleta o imprecisa (Díaz 2014). Así, recientemente Montgomery *et al.* (2015) emplearon dicha rama de la IA para evaluar la idoneidad agrícola de las tierras de Boulder County (Colorado, EEUU). Otras técnicas informáticas modernas englobadas dentro de la IA son el *Matter-Element Model*, empleado por Gong *et al.* (2012) en determinar la idoneidad territorial de Zengcheng (Guangzhou, China), las Redes Neuronales (*Artificial Neural Networks*) utilizadas por Youssef *et al.* (2011) en evaluar la idoneidad del crecimiento urbano de la costa noroeste de Egipto, y también las *Fuzzy Logic Techniques* usadas por Zhang *et al.* (2015) en determinar la idoneidad del territorio para producir tabaco en la provincia china de Shandong.

3. Metodología

En la [figura 1](#) se muestra el esquema genérico de trabajo seguido para detectar los problemas en la localización de un uso del suelo concreto. Así, para detectar los problemas en la localización de los siete usos del suelo diferentes, se ha tenido que repetir el mismo proceso para cada uso. A continuación se detallan todos los pasos necesarios que se han realizado para lograr aplicar dicho proceso de trabajo y así detectar los problemas en la localización de los usos del suelo, siendo estos nueve pasos distintos.

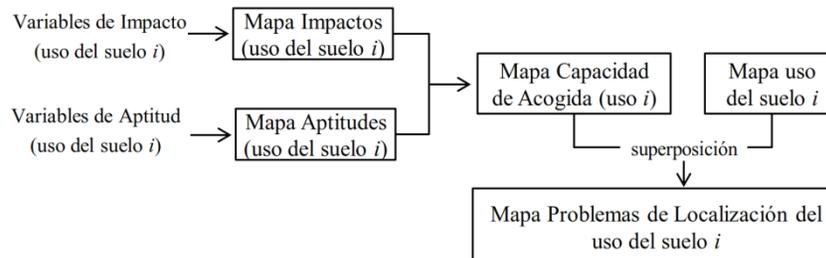


Figura 1. Esquema genérico de trabajo propuesto.

3.1. Delimitación del área de estudio

Se ha empleado la división administrativa correspondiente con el término municipal de Riba-roja de Túria (véase [figura 2](#)). Sin embargo, en el tratamiento de algunas variables se ha ampliado esta zona para incorporar información territorial que, pese a no estar en dicho término, pueden condicionar la aptitud o el impacto de los usos del suelo y, en consecuencia, los problemas en la localización de estos. Por ejemplo la variable de accesibilidad a vías de comunicación, la cual refleja la aptitud del territorio en base a la conectividad con vías de comunicación, aunque estas no estén dentro del área de estudio.

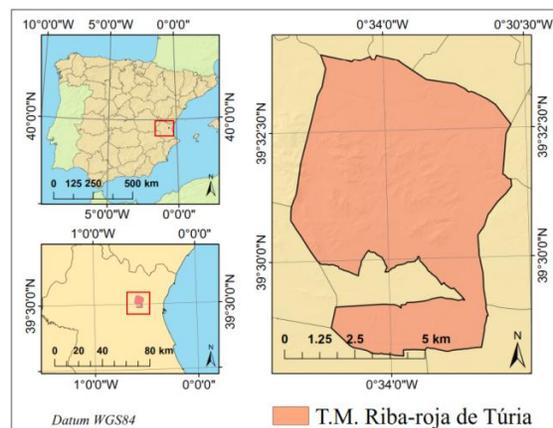


Figura 2. Localización del área de estudio.

3.2. Selección de usos del suelo y variables territoriales asociadas

Para dicha selección se ha realizado un mapa de usos del suelo actual (véase [figura 3](#)) mediante fotointerpretación a partir de fotos aéreas del PNOA (hojas 695 y 721) combinadas con el cruce de la cartografía de usos del suelo del SIOSE (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España) y la cartografía de Infraestructura Verde generada por el Instituto Cartográfico Valenciano (ICV), la cual muestra las zonas con mayor valor ecológico del área de estudio. De dicho mapa únicamente se han escogido los usos de origen humano, que son sobre los que se va a estimar la capacidad de acogida mediante la metodología propuesta por Gómez Orea (2002, 209).

Belenguier Plomer, M. Á. (2016): "Detección de problemas en la localización de usos del suelo mediante SIG y AHP: el caso de Riba-Roja de Túria (Valencia)", *GeoFocus (Artículos)*, n°18, p. 3-24. ISSN: 1578-5157

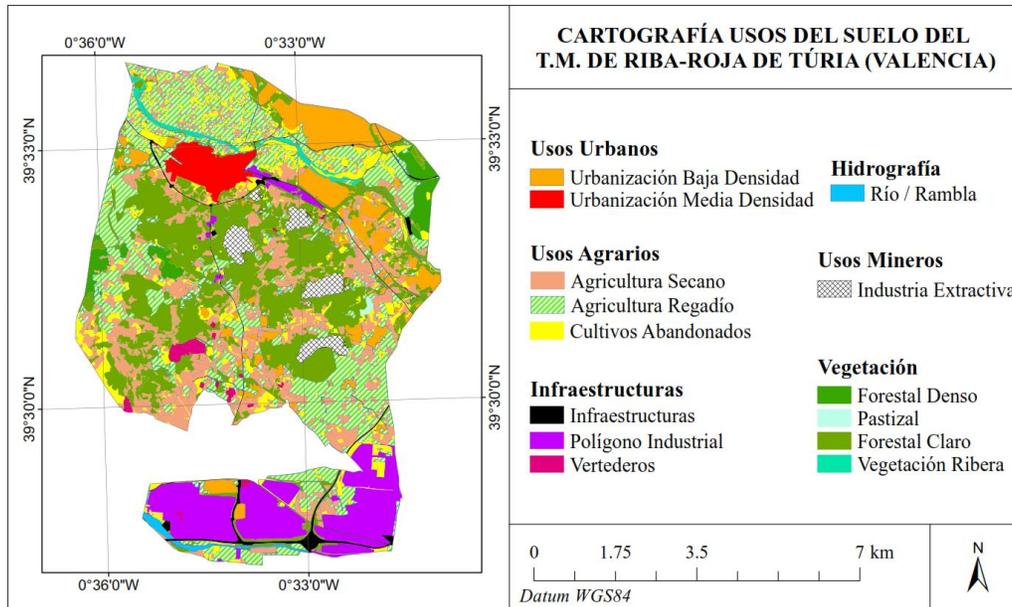


Figura 3: Mapa de usos del suelo actual del término municipal de Riba-roja de Túria.

En la selección de usos humanos se ha prescindido de las infraestructuras de comunicación, dado que el ancho de gran parte de estas es demasiado pequeño, y tal y como se ha mencionado en la introducción, el objetivo de este trabajo es detectar los problemas en la ubicación de usos del suelo a gran escala (ordenación del territorio estructural), y no a una escala pormenorizada o detallada. En la [tabla 1](#) se muestran todas las variables empleadas en cada uno de los siete usos del suelo seleccionados, y si estas variables son de aptitud o de impacto. Esta distinción se basa en que las variables de aptitud son las que condicionan la disposición del territorio a albergar un uso del suelo en concreto, en función de las características físicas del lugar y las necesidades concretas de la actividad que se desea implantar, mientras que las de impacto son las susceptibles a recibir las consecuencias a causa de la instalación de dicha actividad. Por consiguiente, las variables de aptitud dependen del territorio y condicionan los usos que se pueden implantar en él, y las de impacto son producidas por los usos y provocan tanto efectos positivos como negativos en el territorio, aunque en este trabajo solamente se han tenido en cuenta las variables asociadas a impactos negativos.

Tabla 1. Variables territoriales identificadas en impacto (I) y aptitud (A) por usos del suelo: industria extractiva (IE), polígonos industriales (PI), agricultura de regadío (AR), agricultura de secano (AS), urbanización de baja densidad (UB), urbanización de media densidad (UM) y vertederos (V).

Tipo variable	Variables	IE	PI	AR	AS	UB	UM	V
Actividades Humanas	Accesibilidad por Vías de Comunicación	A	A			A	A	A
	Proximidad núcleos urbanos	I	I			I	I	I
	Empresas Contaminantes (AAI)					A	A	
Agua	Vulnerabilidad Acuíferos	I	I	I		I	I	I
	Humedales	I	I			I	I	I
	Red Hidrográfica	I	I	I	I	I	I	I
Ecosistemas	Biodiversidad Hábitats	I	I	I	I	I	I	I
	Espacios Naturales Protegidos	I	I			I	I	I
Visibilidad	Visibilidad	I	I			I	I	I
Litología	Litología		A			A	A	A
Patrimonio	Vías Pecuarias	I	I			I	I	I
	Patrimonio Cultural	I	I			I	I	I
Planeamiento	Clasificación suelos	I	I			I	I	I
Recursos Naturales	Accesibilidad Recursos Hídricos	A	A	A		A	A	
	Rocas Industriales	A						
Riesgos Naturales	Deslizamientos	A	A	A	A	A	A	A
	Inundaciones	A	A	A	A	A	A	A
	Incendios	A	A	A	A	A	A	A
Suelos	Suelos Alta Capacidad Agrícola	I	I	A	A	I	I	I
	Erosión Potencial	I	I	I	I	I	I	I
Topografía	Pendiente	A	A	A	A	A	A	A
	Orientación		A	A	A	A	A	
Vegetación	Árboles Monumentales	I	I			I	I	I

Las fuentes que se han tenido en cuenta para seleccionar las variables de impacto de cada uso del suelo mostradas en la [tabla 1](#) han sido las siguientes:

- La infraestructura verde, la cual está formada por las zonas del territorio con mayor valor cultural, visual y natural (art. 4 LOTUP 5/2014, de 25 de julio).
- La legislación sectorial vigente, en relación con aspectos como patrimonio, biodiversidad de hábitats, espacios naturales protegidos, carreteras, árboles monumentales, vías pecuarias y clasificación de suelos (véase [tabla 2](#)).

Por otro lado, la selección de variables de aptitud se ha basado en:

- Rangos de aptitud del territorio propuestos para diferentes variables territoriales en función de las actividades (Recatalá y Sanchez 2001).
- Relación de variables utilizadas en trabajos anteriores para actividades agrícolas, urbanas y para actividades de tratamiento de residuos (Barredo 1996, 117-121).

Tabla 2: Marco normativo existente en la legislación sectorial de ciertas variables.

Variables	Textos Legales
Empresas Contaminantes	Ley 2/2006, de 5 de mayo, de Prevención de la Contaminación y Calidad Ambiental.
Humedales	Ley 11/1994 de Espacios Naturales Protegidos.
Red Hidrográfica	Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
Biodiversidad Hábitats	Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la Conservación de los Hábitats Naturales y de la Fauna y Flora Silvestres.
Espacios Naturales Protegidos	Ley 11/1994 de Espacios Naturales Protegidos.
Espacios Naturales Protegidos	Decreto 42/2007, de 13 de abril, del Consell, por el que se aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Turia.
	Decreto 176/2012, de 30 de noviembre; aprobación Plan Especial Protección de les Rodanes.
Visibilidad	Decreto 120/2006, de 11 de agosto, del Consell, por el que se aprueba el Reglamento de Paisaje de la C. Valenciana.
Vías Pecuarias	Ley 3/2014, de 11 de julio, de la Generalitat, de Vías Pecuarias de la C.V.
Patrimonio Cultural	Ley 4/1998 de Patrimonio Cultural Valenciano.
Patrimonio Cultural Inundaciones	Ley 5/2007, de 9 de febrero, de la Generalitat que modifica la Ley 4/1998.
	Plan Acción Territorial Riesgo Inundación C. Valenciana (PATRICOVA).
Árboles Monumentales	Ley 4/2006, de 19 de mayo, de Patrimonio Arbóreo Monumental.

3.3. Búsqueda de información cartográfica

Se ha obtenido información cartográfica acerca de las variables de impacto y de aptitud de los diferentes usos del suelo mostradas en la [tabla 1](#) en las siguientes fuentes: Instituto Geográfico Nacional (IGN) (1), Instituto Cartográfico Valenciano (ICV) (2) y de la Consellería de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente (CITMA) (3), obteniéndose cerca de la mitad de capas cartográficas de esta última fuente a través de una clasificación automática no supervisada de los mapas visualizados con el servidor WMS (*Web Map Service*). El visor WMS permite visualizar los mapas desde un SIG sin necesidad de descargar las capas cartográficas, y debido a la imposibilidad de descargar estas capas cartográficas directamente en un formato vectorial desde la página web de la CITMA, se han extraído las imágenes de la información cartográfica mostrada en el visor web en formato ráster, donde cada píxel contiene unos valores RGB que se asocian a una clase determinada de la cartografía temática consultada. De esta forma se ha optado por clasificar las imágenes extraídas del visor WMS de forma automática, dado que la digitalización manual sería un proceso de trabajo demasiado laborioso y lento, y se lograrían resultados menos exactos. El método de clasificación empleado ha sido el método de máxima verosimilitud (*maximum likelihood*), también conocido como de máxima probabilidad. Este es un clasificador paramétrico que asume que los datos mantienen una función de distribución normal o Gaussiana, para asignar la probabilidad de que un píxel cualquiera pertenezca a cada una de las clases que se van a clasificar, asignándose cada píxel a la clase más probable que pertenezca.

No toda la cartografía temática disponible en estas fuentes ha sido suficiente, por lo que se ha producido cartografía nueva y específica para este estudio, como es el caso del mapa de visibilidad, el cual se ha elaborado a partir de las indicaciones ofrecidas por la CITMA en la guía metodológica de estudio de paisaje (2012), donde se incluyen una pautas para cuantificar la calidad paisajística de cada punto del área de estudio en función de la importancia relativa de la visibilidad, teniendo en cuenta los observadores potenciales, la duración de la vista y la distancia del territorio visualizado respecto a cada punto de observación principal del territorio.

3.4. Asignación valor impacto o aptitud

Se ha asignado un valor de impacto o aptitud a cada variable territorial según sus características, a través de un formato numérico (véase [tabla 3](#)). Este procedimiento permite diferenciar el grado de impacto y de aptitud en cada uno de los mapas de variables para cada actividad. También permite operar matemáticamente los valores de cada factor mediante el SIG con la finalidad de calcular más adelante los mapas de aptitud e impacto totales para cada uso.

Tabla 3. Códigos numéricos de impactos y aptitudes.

	Variables Impactos		Variables Aptitudes	
	Valor	Código	Valor	Código
- DESEABLE +	Nulo / Muy Bajo	4	Muy Alta	4
	Bajo	3	Alta	3
	Medio	2	Media	2
	Alto	1	Baja	1
	Muy Alto	0	Muy Baja / Nula	0

Esta asignación numérica se ha basado en las propias categorías cualitativas de la cartografía temática empleada por diversos organismos oficiales. En las variables que dicha cartografía se ha podido emplear dada su inexistencia, se ha tenido que realizar una clasificación cualitativa como la mostrada en la [tabla 3](#) para cada variable en cada uso del suelo. Para desarrollar este proceso se ha empleado el marco normativo existente en la legislación sectorial de ciertas variables (véase [tabla 2](#)), donde se incluyen indicaciones acerca del grado de aptitud o de impacto en función de las propiedades de cada variable. En el caso de las variables que no están reguladas por un marco normativo, y que tampoco existen mapas con categorías cualitativas en la fuentes consultadas, se han consultado otros estudios similares donde se han calculado mapas de idoneidad territorial, para así emplear los mismos criterios a la hora de determinar los diferentes niveles de aptitud y de impacto de las diferentes variables. Así en el caso de la variable de accesibilidad y de distancia a los núcleos urbanos se han seguido las directrices propuestas por Mena *et al.* (2006), en la litología las de Martínez y Balaguer (1998), en la pendiente las de Recatalá y Sánchez (2001), y por último en la de orientación las de Almeida (1997). Por ejemplo, en la [tabla 4](#) se observan los umbrales empleados para diferenciar cualitativamente distintas categorías según el nivel de pendiente y el tipo de uso del suelo, propuestos por Recatalá y Sánchez (2001).

Tabla 4. Aptitud por usos en función de la pendiente (Recatalá y Sánchez 2001).

Aptitud	IE	PI	AR	AS	UB	UM	V
Muy Alta	0 – 5	0 – 5	0 – 5	0 – 5	0 – 5	0 – 5	0 – 5
Alta	5 – 15	5 – 15	-	5 – 15	5 – 15	5 – 15	-
Media	15 – 25	-	-	15 – 25	15 – 25	-	-
Baja	25 – 45	-	-	-	-	-	-
Nula	> 45	> 15	> 5	> 25	> 25	> 15	> 5

3.5. Conversión información a formato ráster

Los mapas de aptitud y de impacto de cada variable se han convertido en formato ráster, en caso de que fueran vectoriales. Así cada píxel ha pasado a contener la información del código numérico de impacto o aptitud que se le ha otorgado previamente en base a sus características concretas. Dicha conversión se ha realizado manteniendo un tamaño de píxel de 25 m de lado, puesto que se ha considerado que es el tamaño idóneo en relación a los objetivos del trabajo y al tamaño de píxel de las capas cartográficas de las diferentes variables de aptitud e impacto empleadas. En el caso de las capas obtenidas directamente en formato ráster, sólo se les ha cambiado el tamaño de los píxeles a 25 m siempre y cuando fuera necesario. Este proceso ha permitido la realización de operaciones matemáticas entre las diferentes capas cartográficas de las variables, a fin de obtener los mapas de impactos y de aptitudes totales para cada uso del suelo.

3.6. Ponderación de variables de aptitud e impacto

Se han establecido pesos en base a la importancia de cada una de estas variables a fin de calcular los mapas de impacto y de aptitud totales, puesto que no todas las variables tienen la misma importancia a la hora de calcular dichos mapas. Estos pesos se han obtenido mediante el método AHP propuesto por Saaty en 1977, mediante el cual se han asignado juicios de valor referentes a la importancia relativa de cada una de las variables sobre el resto de estas, tanto para el impacto como para la aptitud de cada actividad, y se han representado mediante la utilización de matrices de comparación por pares, en las que en las filas y columnas se representan las variables a ponderar para hallar el mapa de aptitud o impacto de cada actividad (Lamelas 2009). Así, en cada celda se ha asignado un juicio de valor que representa la importancia relativa de cada variable en comparación con cada una de las demás. Estos juicios de valor se han basado en el criterio propio del investigador y en las consultas realizadas a diferentes expertos, entre los que se ha consultado acerca de la ponderación de las variables de aptitudes a un ingeniero agrónomo y a un ingeniero industrial, ya que son profesionales altamente cualificados para saber las condiciones óptimas que ha de tener el territorio albergar un uso del suelo determinado. Respecto a la ponderación de las variables de los impactos se ha consultado a un biólogo y un geógrafo, dado que son profesionales que conocen adecuadamente las implicaciones ambientales que conlleva la instalación de una actividad en una determinada ubicación. Únicamente se ha consultado a cuatro expertos puesto que se ha considerado suficiente para poder ponderar las variables de este trabajo. Mediante los juicios de valor otorgados se ha podido calcular el peso de cada variable en función de su importancia relativa frente al resto de variables empleadas (véase [tablas 5 y 6](#)).

Belenguer Plomer, M. Á. (2016): "Detección de problemas en la localización de usos del suelo mediante SIG y AHP: el caso de Riba-Roja de Túria (Valencia)", *GeoFocus (Artículos)*, n°18, p. 3-24. ISSN: 1578-5157

Tabla 5. Pesos de variables de aptitud por actividades: Factor Limitante (FL).

Tipo Variable	Variables	IE	PI	AR	AS	UB	UM	V
Actividades Humanas	Accesibilidad Vías Comunicación	0,06	0,31			0,07	0,11	0,28
	Empresas Contaminantes					0,10	0,08	
Litología	Litología		0,08			0,05	0,05	0,10
Recursos Naturales	Accesibilidad Recursos Hídricos	0,08	0,11	0,16		0,15	0,16	
	Rocas Industriales	0,52						
Riesgos Naturales	Deslizamientos	0,15	0,25	0,10	0,17	0,19	0,24	0,17
	Inundaciones	FL	FL	0,06	0,10	FL	FL	FL
	Incendios	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,06
Suelos	Suelos Alta Capacidad Agrícola	0,35	0,38					
Topografía	Pendiente	0,16	0,18	0,26	0,27	0,37	0,30	0,40
	Orientación	0,04	0,04	0,06	0,04	0,03		
<i>Ratio de consistencia</i>		0,093	0,035	0,036	0,035	0,041	0,038	0,035

Tabla 6. Pesos de variables de impacto por actividades: Factor Limitante (FL), Zona Policía (ZP), Zona Servidumbre (ZS), Área Influencia (AI), Área Protección (AP), Área Régimen Especial (ARE), Suelo Urbano (SU), Suelo Urbanizable (SUZ), Suelo No Urbanizable (SNU), Suelo No Urbanizable Protegido (SNUP).

Tipo Variable	Variables	IE	PI	AR	AS	UB	UM	V	
Actividades Humanas	Proximidad Núcleos Urbanos	0,32	0,06			0,24	0,03	0,11	
	Vías de Comunicación		FL			FL	FL		
Agua	Vulnerabilidad Acuíferos	0,04	0,10	0,26		0,19	0,04	0,32	
	Humedales	FL	FL			FL	FL	FL	
	Red Hidrográfica	ZP	FL						FL
ZS		FL		FL	FL	FL	FL		
Ecosistemas	Biodiversidad Hábitats	0,11	0,12	0,11	0,25	0,08	0,14	0,1	
	Espacios Naturales Protegidos	AI	0,16	0,12			0,08	0,14	0,14
		AP	FL	FL			FL	FL	FL
	ARE								
Visibilidad	Visibilidad	0,25	0,29			0,12	0,19	0,25	
Patrimonio	Vías Pecuarias	FL	0,04			0,03	0,05	FL	
	Patrimonio Cultural	FL	FL			FL	FL	FL	
Planeamiento	Clasificación suelos	SU	FL	0,20		0,19	0,3	FL	
		SUZ							
		SNU							
		SNUP	FL	FL		FL	FL	FL	
Suelos	Suelos Alta Cap. Agrícola	0,08	0,03			0,03	0,04	0,04	
	Erosión Potencial	0,05	0,04	0,63	0,75	0,06	0,05	0,04	
Vegetación	Árboles Monumentales	FL	FL			FL	FL	FL	
<i>Ratio de consistencia</i>		0,029	0,054	0,048	0,00	0,022	0,018	0,001	

En estas tablas se muestran los pesos y ratios de consistencia de cada una de las variables de aptitud y de impacto, así como las variables que se han considerado factores limitantes. El ratio de consistencia permite conocer la coherencia de los pesos. Este depende directamente de los juicios de valor otorgados previamente. En la metodología AHP se acepta como máximo un ratio de consistencia de 0,1, puesto que ratio mayor significaría que los valores otorgados no son coherentes entre sí. Los factores limitantes son dados en los casos en que el nivel de impacto o de aptitud de la actividad en una variable territorial concreta limite el nivel de idoneidad de dicha ubicación para albergar tal actividad, y en consecuencia se diagnostique una capacidad de acogida muy baja sin tener en cuenta otras variables territoriales. En las diferentes actividades se ha incluido como factor limitante cualquier variable de aptitud o impacto que su presencia prohíba la implantación de dicha actividad según la legislación territorial vigente (véase [tabla 2](#)), por ejemplo el riesgo de inundación en el uso urbano de baja o media densidad.

3.7. Obtención de mapas de aptitud e impacto totales

Se han combinado todas las capas de las variables de impacto y de aptitud por separado para cada uso del suelo respetando el peso referente a la importancia que se ha calculado con el AHP. Para ello se ha empleado la sumatoria lineal ponderada, cuya formulación se expresa a continuación:

$$Ri = \sum_{i=1}^n (Wj \times Eij)$$

siendo Ri el nivel de aptitud o de impacto de cada píxel en valores normalizados (0 – 4), Wj el peso de cada variable j respecto a la actividad en cuestión, Eij el valor normalizado (0 – 4) de cada píxel i en cada variable j .

Posteriormente, se han reclasificado los resultados de los píxeles de los mapas de aptitud e impacto resultantes del proceso anterior, para luego poder hacer la tabla de doble entrada de variables de aptitud e impacto que determinará la capacidad de acogida de cada uso. Este procedimiento se debe a que los valores de los píxeles de los mapas de aptitud e impacto obtenidos ya no coinciden con los códigos de aptitud e impacto utilizados durante todo el trabajo, dada la utilización de la sumatoria lineal ponderada, por lo que se ha reclasificado los píxeles siguiendo una distribución equidistante entre los diferentes valores de éstos (véase [tabla 7](#)).

Tabla 7. Clasificación píxeles con códigos de impacto y aptitud.

Valor Celda	Código Aptitud – Impacto
0 – 0,8	0
0,81 – 1,6	1
1,61 – 2,4	2
2,41 – 3,2	3
3,21 – 4	4

Finalmente, se han multiplicado las capas de aptitud y de impacto de las actividades pertinentes por una capa binaria que representa las variables o categorías de estas que se han considerado como factores limitantes. De esta forma, aunque se dé el caso de que en una zona concreta todas las variables respecto a la aptitud o impacto sean favorables, si en dicha zona la ley

prohíbe un uso del suelo concreto, la zona en cuestión se clasificará con una aptitud muy baja o un impacto muy alto, dependiendo de qué variable se trate, generando de este modo que su capacidad de acogida sea muy baja al cruzar las capas de aptitud e impactos finales.

3.8. Obtención de mapas de capacidad de acogida

Los mapas de aptitud e impacto totales de cada uso se han cruzado para determinar las capacidades de acogida de los diferentes usos del suelo en el área de estudio mediante una tabla de doble entrada. Esta tabla categoriza la capacidad de acogida del territorio en cinco grupos en función del grado de aptitud e impacto del mismo, ponderando con el mismo peso ambas variables (véase [tabla 8](#)).

Tabla 8. Niveles de capacidad de acogida como resultado del cruce de impacto y aptitud.

			Aptitud				
			0	1	2	3	4
Código		Valores	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta
Impacto	0	Muy Alto	Muy Baja				
	1	Alto					
	2	Medio	Muy Baja	Baja			Media
	3	Bajo			Alta		
	4	Muy Bajo			Media		Muy Alta

3.9. Detección de problemas territoriales

Se ha cruzado los emplazamientos actuales dedicados a cada uso del suelo con su respectivo mapa de capacidad de acogida para detectar los problemas en la localización de usos del suelo existentes. De esta forma existe un problema cuando un uso está instalado en una zona con capacidad de acogida media, baja o muy baja, y se descarta las capacidades alta y muy alta, ya que estas no generan ningún problema en la localización. Se ha asignado un nivel de problema relativo a cada uso del suelo en función del grado de capacidad de acogida existente (véase [tabla 9](#)).

Tabla 9. Relación capacidad de acogida y problemas en la localización de los usos.

Capacidad de Acogida	Grado de Problema
Muy Alta	Sin Problema
Alta	
Media	Bajo
Baja	Medio
Muy Baja	Alto

4. Resultados y discusión

En la [figura 4](#) se muestra los mapas de capacidad de acogida de cada una de los usos del suelo analizados junto al nivel de aptitud e impacto en cada uno de ellos mediante una leyenda de doble entrada. En dicha figura se observan patrones de idoneidad territorial similar entre los polígonos industriales y los usos urbanos de media y baja densidad, debido a que las variables y

pesos que se han empleado para calcular el impacto y la aptitud han sido muy similares, dada la gran similitud de las aptitudes e impactos territoriales de estas actividades. Por la misma razón, los vertederos y la industria extractiva también presentan una idoneidad territorial muy semejante, siendo estos dos usos los que tienen un menor territorio con capacidades de acogida elevadas. En cuanto a las actividades agrícolas, se aprecia una gran semejanza en la idoneidad territorial de secano y regadío, aunque es la de regadío la que cuenta con una menor idoneidad territorial en gran parte del territorio. Esto se debe a que la agricultura de regadío necesita recursos hídricos próximos para el riego, y a este habitualmente se le añaden aditivos como fitosanitarios, abonos químicos y productos similares, lo que causa que las zonas con vulnerabilidades altas a los acuíferos sean propensas a sufrir impactos negativos a causa de esta actividad, por lo que la superficie de territorio con impacto potencial alto o con elevada vulnerabilidad es mayor en el caso de la agricultura de regadío que en la de secano, y en consecuencia la capacidad de acogida del territorio analizado para la agricultura de regadío es más limitada que la de secano. En todos los mapas de capacidad de acogida mostrados se aprecia que la variable de impacto es más limitante que la de aptitud.

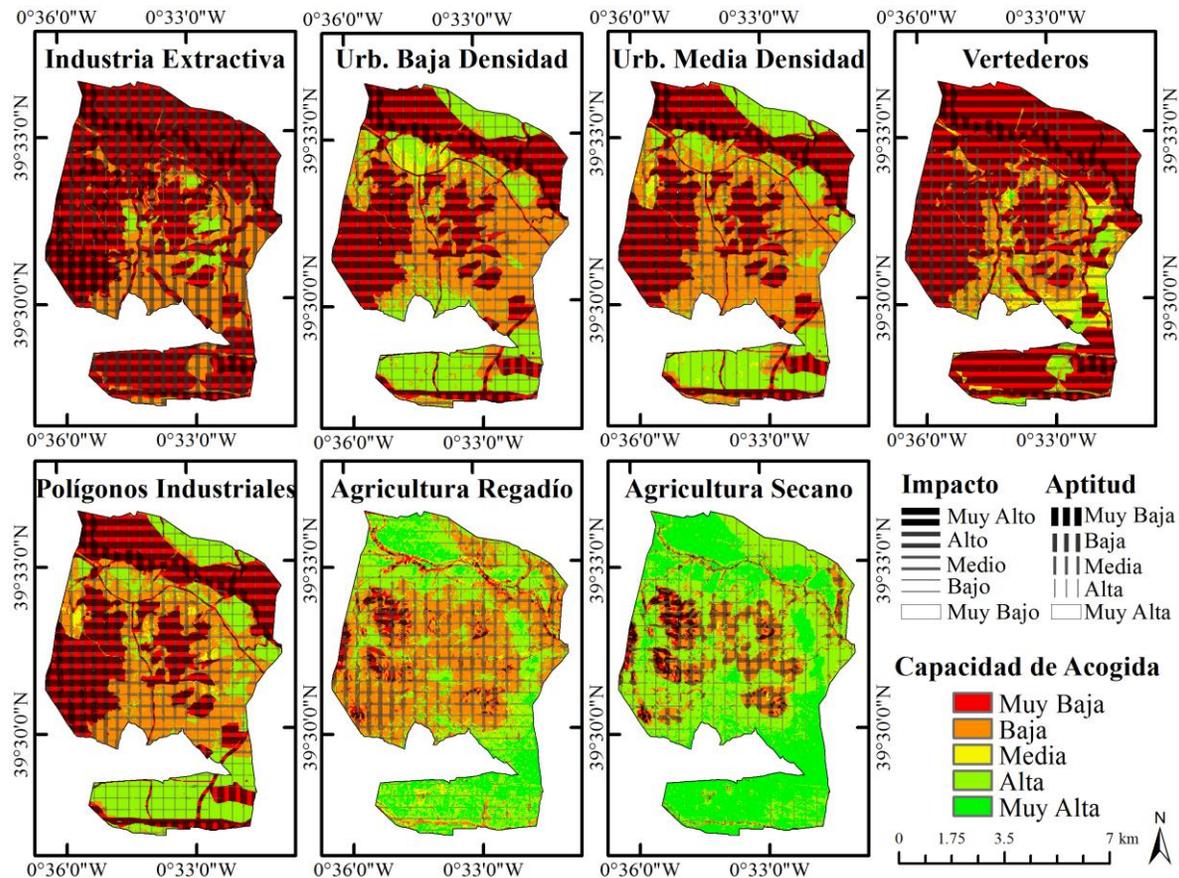


Figura 4. Mapas de capacidad de acogida y nivel de impacto y aptitud por usos del suelo.

En la [figura 5](#) se observa el porcentaje de la superficie del área de estudio por niveles de aptitud e impacto para cada uso del suelo. Tal y como ya se ha mencionado, es la variable de impacto la más restrictiva a la hora de calcular la capacidad de acogida en todas las actividades,

dado que la superficie del área de estudio con un impacto elevado en todas estas es considerablemente superior a la superficie con una aptitud baja. Es decir, que en la mayoría de casos que se producen problemas en la localización de usos del suelo, estos son ocasionados a causa de los impactos o efectos negativos que generan dichos usos, y no porque el territorio no ofrezca unas condiciones óptimas para albergar el uso en cuestión.

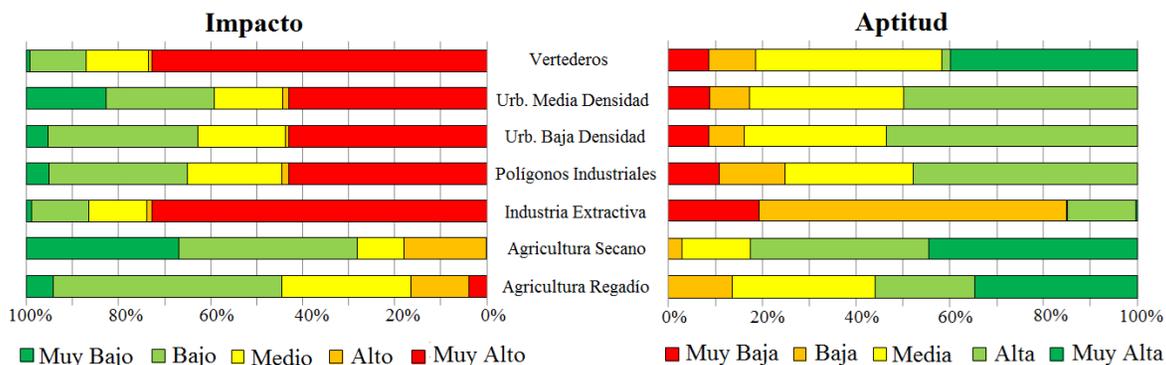


Figura 5. Porcentajes de superficie por niveles de impacto y aptitud para cada actividad.

A diferencia de la inmensa mayoría de trabajos que abordan este tema, este artículo no solo ha obtenido la idoneidad del territorio analizando numerosas variables, sino que ha comparado estos mapas de idoneidad territorial, con los emplazamientos concretos de dichos usos del suelo, con la finalidad de detectar problemas de localización de las actividades. En un 19,28 % de toda el área de estudio se han detectado este tipo de problemas, lo que equivale a un 29,35 % de la superficie ocupada únicamente por usos del suelo artificiales. Es decir, se ha demostrado que casi un tercio de la superficie dedicada a las actividades humanas en el territorio no se emplaza en una zona idónea para tal fin. Aunque no es sencillo que todas las actividades se puedan ubicar donde existe una mayor capacidad de acogida, puesto que actividades como los vertederos o la industria extractiva, tienen una parte muy pequeña del término municipal donde la capacidad de acogida es alta (véase [figura 6](#)). Por ello, la probabilidad de que este tipo de usos generen problemas en su localización es mayor a la de otros, y no se puede prescindir de dichos usos ya que son necesarios para el correcto desarrollo del municipio.

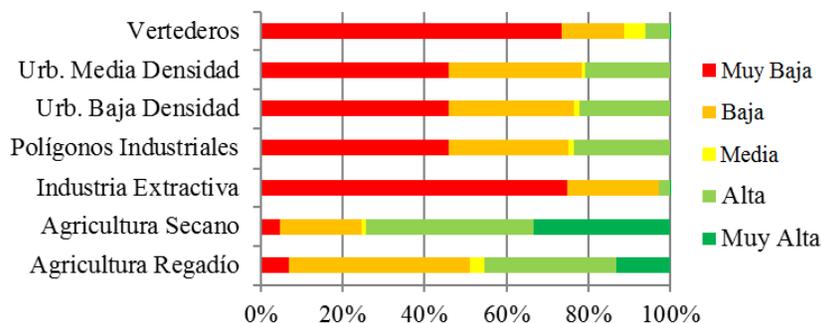


Figura 6. Distribución de superficie según niveles de capacidad de acogida por actividades.

En la [figura 7](#) se representan las zonas del área de estudio con problemas en la localización de usos del suelo, mostrándose el uso en cuestión y el nivel de problema relativo, el cual se asocia con el grado de capacidad de acogida (véase [tabla 9](#)). Esta jerarquización muestra la magnitud del impacto de forma relativa, ya que dichos niveles se basan únicamente en la idoneidad territorial de cada uso del suelo, y por lo tanto los resultados acerca de los niveles de problema de una actividad no se pueden comparar con los de otras actividades.

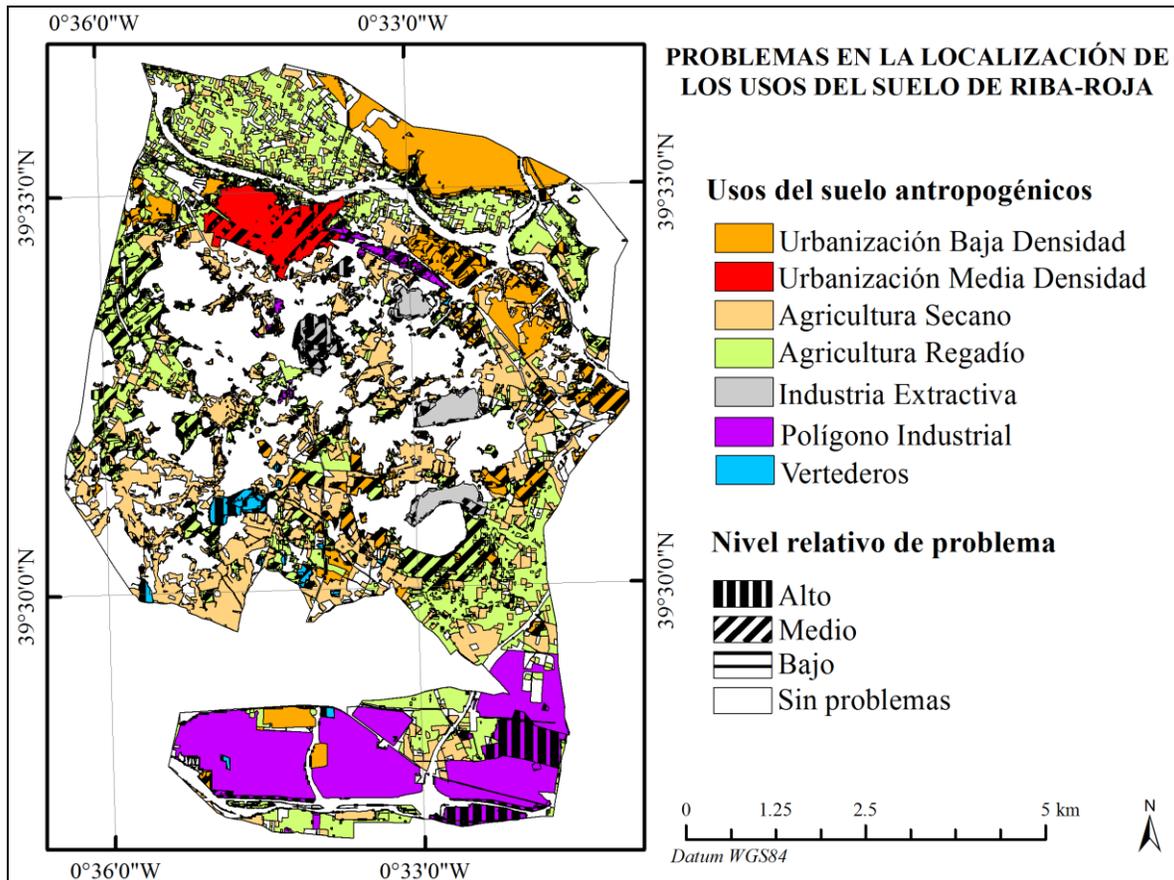


Figura 7. Problemas en la localización de los usos del suelo en el TM de Riba-roja de Túria.

Los usos que generan problemas con mayores magnitudes relativas en su localización son los vertederos y los polígonos industriales, puesto que gran parte de estos usos están emplazados en zonas con capacidades de acogida muy bajas. Esto se debe fundamentalmente a que son usos del suelo que dadas sus características tradicionalmente se han emplazado en zonas que atienden a ciertos criterios básicos, como son una buena accesibilidad para los polígonos industriales o la lejanía respecto a los núcleos urbanos para los vertederos. Pero no consideran el resto de variables básicas que son también afectadas por la implantación de estos usos, y en consecuencia se generan problemas en su localización, ocasionados principalmente por el impacto que generan estas actividades sobre cada una de las variables territoriales analizadas.

Asimismo, se ha calculado qué actividades son las que mayor superficie con problemas en su localización tienen en relación con la superficie que ocupan, a fin de detectar el uso del suelo que tiene una peor ubicación en el término municipal (véase [figura 8](#)), siendo este el uso dedicado a los vertederos, puesto que el 86,24 % de su superficie está emplazada en zonas con una reducida capacidad de acogida para albergar tal uso. Se ha investigado el motivo de dicha situación, y esta se debe fundamentalmente a la existencia del vertedero conocido como Basseta Blanca (0° 34' 44,7" W 39° 30' 39,7" N), que está emplazado ilegalmente en una zona en la que dicha actividad genera problemas territoriales y ambientales, y ha estado acumulando todo tipo de residuos entre 1993 y 1996. Actualmente, 20 años más tarde, continúa almacenando cerca de 400.000 toneladas de basuras a la espera de que se llegue a un acuerdo político en el ayuntamiento para reclamar la restauración de la zona y exigir compensaciones económicas a la Consellería de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente.

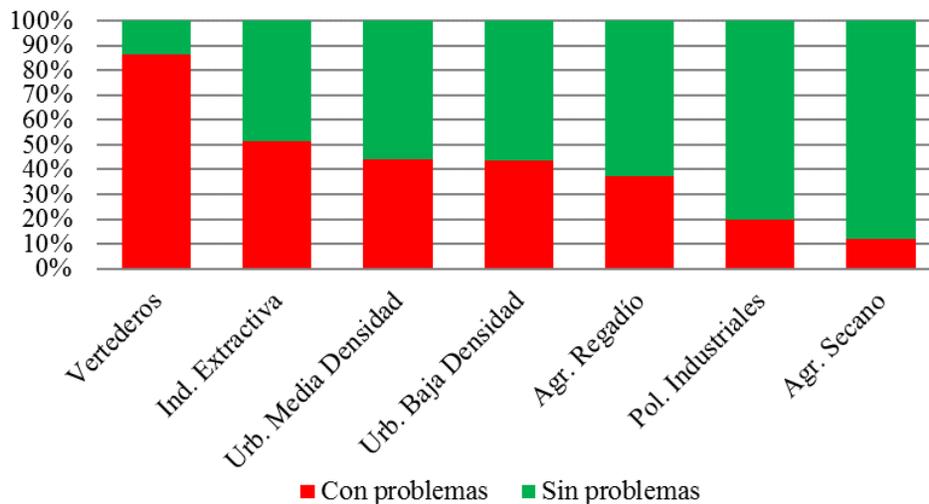


Figura 8. Porcentaje de problema en la localización de cada uso del suelo respecto a la superficie que ocupa.

El resto de actividades que mayores problemas ocasionan respecto a su superficie son: la industria extractiva con un 51,27 %, la urbanización de media y baja densidad con un 44,08 % y 43,62 %, respectivamente, la agricultura de regadío con un 37,11 %, los polígonos industriales con un 19,81 % y la agricultura de secano con un 11,93 %.

5. Conclusiones

En este artículo se ha logrado el objetivo propuesto de detectar los problemas en la ubicación de los usos del suelo dentro del término municipal de Riba-roja de Túria. Para ello, se ha tenido en cuenta las variables territoriales más relevantes para el cálculo de la idoneidad territorial de los distintos usos del suelo, y de qué forma determinan dichas variables el impacto y/o la aptitud de la capacidad de acogida para cada uso del suelo. Además, se ha aplicado la técnica de evaluación multicriterio AHP (*Analysis Network Process*) para calcular los mapas de capacidad de acogida.

Mediante esta técnica se han obtenido diferentes ponderaciones de las variables territoriales, que son las que determinan la idoneidad territorial de cada uso del suelo. Estas ponderaciones han permitido calcular los mapas de capacidad de acogida de una forma adecuada, dado que no todas las variables tienen la misma importancia a la hora de calcular la idoneidad territorial. Para aplicar dicha técnica ha sido necesario desarrollar diferentes juicios de valor específicos en base a las fuentes disponibles. Asimismo, en este artículo se ha aportado una nueva innovación metodológica para la elaboración de los mapas de capacidad de acogida, basándose esta en combinar a través de una tabla de doble entrada las variables que determinan los impactos y las aptitudes de la capacidad de acogida para cada uso del suelo.

En lo que respecta a los mapas de impacto y de aptitud, se evidencia el hecho de que para todas las actividades son más restrictivos los impactos que las aptitudes, dado que en la planificación territorial tradicionalmente se ha prestado una mayor atención al desarrollo económico, y no a los posibles impactos que se puedan generar a causa de la instalación de una nueva actividad en el territorio. De ahí que la mayoría de problemas que se han detectado sean consecuencia de estar en zonas muy vulnerables a sufrir impactos negativos por la implantación de una actividad en concreto, y en menor medida, que se traten de problemas de localización debidos a estar en zonas poco aptas para dicha actividad. Además, se ha demostrado que todos los usos del suelo ocasionan algún tipo de problema territorial en el área de estudio, aunque se encuentran diferencias en la superficie afectada por cada actividad, ocasionando mayores problemas absolutos las actividades que ocupan una superficie mayor.

No obstante, este artículo tiene ciertas limitaciones a causa de las fuentes existentes, destacando que la utilización de información cartográfica producida por distintos organismos en diferentes escalas ha supuesto un problema en lo que se refiere a los resultados, que están limitados a una escala de 1:50.000 al incluir variables territoriales mediante mapas a esta escala. Igualmente, la unidad mínima de información que se ha utilizado para la realización del trabajo y presentación de los resultados ha sido la correspondiente a un píxel de 25 m de lado, que supone una superficie de 625 m², por lo que si se pretende realizar un estudio similar de una zona más detallada del área de estudio, sería preciso cambiar la escala de trabajo y buscar fuentes cartográficas que representen las diferentes variables que se han utilizado con mayor grado de detalle, aunque actualmente estas no existen para el área de estudio seleccionada. Asimismo, dentro de las limitaciones de la investigación desarrollada cabe destacar la otorgación de juicios de valor para ponderar las variables territoriales mediante el método AHP que se ha llevado a cabo en este trabajo, ya que en base a las limitaciones de este, no se ha podido emplear una metodología específica para realizar consultas a diversos especialistas, como el método Delphi, el cual es un método prospectivo que se basa en el acercamiento al consenso por parte de un grupo de expertos que analizan una cuestión definida (Varela *et al.* 2012).

Por consiguiente, este trabajo abre futuras líneas de investigación dentro del área de estudio seleccionada, como la jerarquización absoluta de los problemas detectados, la propuesta de medidas a fin de reducir los problemas detectados, el aumento del grado de detalle en las zonas que se han detectado una alta concentración de problemas en la localización de los usos mediante la utilización de mapas con escalas más precisas, y la elaboración de un mapa de uso vocacional del territorio combinando las capacidades de acogida que se han obtenido para los distintos usos. Por último, hay que recalcar la idea de que este tipo de trabajos son de una gran utilidad dado que su ámbito de

estudio, el territorio, es un recurso finito y por lo tanto se debe de organizar de forma pragmática, que permita compaginar una utilización productiva y sostenible. Es por ello que para lograr este objetivo, la planificación territorial se debe optimizar, e incluir investigaciones de este tipo para alcanzar los objetivos territoriales propuestos. Por este motivo, la actual LOTUP 5/2014 apuesta por este tipo de estudios vinculados con la planificación estructural, que traten el sistema territorial como un sistema integrado en el que todos sus componentes interaccionan unos con otros. Sin embargo, si tras la realización de este tipo de estudios, cuya finalidad es la mejora de las relaciones humanas con el territorio, no existe una voluntad política, de poco sirven estas investigaciones.

Referencias bibliográficas

Almeida Pérez, R. S. (1997): "El coeficiente de insolación según el método de Bandullo (1974): aplicación al archipiélago canario. Utilidad práctica del coeficiente para una clasificación de la vegetación", *Ería*, 43, pp. 227-237.

Bagheri, M.; Sulaiman, W.N.A. y Vaghefi, N. (2012): "Application of geographic information system technique and analytical hierarchy process model for land-use suitability analysis on coastal area", *Journal of Coastal Conservation*, 17, 1, pp. 1-10.

Barredo, J.I. (1996): *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio: en la ordenación del territorio*. Madrid, Ra-Ma.

Chandio, I.A.; Matori, A. N. B.; WanYusof, K.B.; Talpur, M. A. H.; Balogun, A-L. y Lawal, D. U. (2012): "GIS-based analytic hierarchy process as a multicriteria decision analysis instrument: a review", *Arabian Journal of Geosciences*, 6, 8, pp. 3059-3066.

Chuvieco, E. (1995): *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid, Rialp.

CITMA. (2012): *Guía metodológica estudio de paisaje*. Valencia, Consellería de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente.

Collins, M. G.; Steiner, F. R.; y Rushman, M. J. (2001): "Land-Use Suitability Analysis in the United States: Historical Development and Promising Technological Achievements", *Environmental Management*, 28, 5, pp. 611-621.

Díaz Álvarez, A. (2014): *Inteligencia Artificial y Soft Computing Teoría y Aplicaciones*. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid. [Consulta: 20-07-2015]. Disponible en www.aicu-labs.com

Espinosa Ruiz, R. (2014): *Ruinas del presente. Un Grand Tour del siglo XXI*. Madrid, Universidad Complutense de Madrid.

Feizizadeh, B. y Blaschke, T. (2013) "Land suitability analysis for Tabriz County, Iran: a multi-criteria evaluation approach using GIS", *Journal of Environmental Planning and Management*, 56, 1, pp. 1-23.

Gómez Orea, D. (2002): *Ordenación territorial*. Madrid, Mundi-Prensa.

Gong, J.; Liu Y. y Chen, W. (2012): "Land suitability evaluation for development using a matter-element model: A case study in Zengcheng, Guangzhou, China", *Land Use Policy*, 29, 2, pp. 464-472.

Belenguier Plomer, M. Á. (2016): "Detección de problemas en la localización de usos del suelo mediante SIG y AHP: el caso de Riba-Roja de Túria (Valencia)", *GeoFocus (Artículos)*, n°18, p. 3-24. ISSN: 1578-5157

Joerin, F.; Thériault, M. y Musy, A. (2001) "Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment", *International Journal of Geographical Information Science*, 15, 2, pp. 153-174.

Lamelas Gracia, M. T. (2009): "Esquema metodológico para la toma de decisiones sobre el uso sostenible del suelo: aplicación a la localización del suelo industrial", *GeoFocus*, 9, pp. 28-66.

Liu, R.; Zhang, K.; Zhang, Z.; y Borthwick, A.G.L. (2014): "Land-use suitability analysis for urban development in Beijing", *Journal of Environmental Management*, 145, pp. 170-179.

Malczewski, J. (2004): "GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview", *Progress in Planning*, 62, pp. 3 - 65.

Malczewski, J. (2006): "GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature", *International Journal of Geographical Information Science*, 20, 7, pp. 703-726.

Martínez, J., y Balaguer, J. (1998): *Litología, aprovechamiento de rocas industriales y riesgo de deslizamiento en la Comunidad Valenciana*. Valencia, Consellería de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente.

McLane, C. L. (1997). Warren H. Manning's role in the development of early spatial analysis techniques (*Doctoral dissertation*, The Ohio State University).

Mena Frau, C., Gajardo Valenzuela, J., y Ormazábal Rojas, Y. (2006): "Modelación espacial mediante geomática y Evaluación Multicriterio para la ordenación territorial", *Revista Facultad de Ingeniería-Universidad de Tarapacá*, 14, 1, pp. 81-89.

Montgomery, B., Dragičević, S., y Dujmović, J. (2015). A soft computing logic method for agricultural land suitability evaluation. *Proceedings of GeoComputation 2015 Conference*. Dallas, USA, pp. 298-304.

Pourebrahim, S.; Hadipour, M. y Mokhtar, M. B. (2011): "Integration of spatial suitability analysis for land use planning in coastal areas; case of Kuala Langat District, Selangor, Malaysia", *Landscape and Urban Planning*, 101, pp. 84-97.

Recatalá, L. y Sánchez, J. (2001): "Método de evaluación de la capacidad del territorio para la planificación en el ámbito mediterráneo", *Estudios Geográficos*, 245, pp. 705 - 731.

Ruiz Campo, S. y Zhang, L. (2013): "La Burbuja Inmobiliaria de España: Una Comparación con el Mercado Inmobiliario de China", *Análisis Financiero*, 122, pp. 37-53.

Saaty, T. L. (1990): "An exposition of the AHP in reply to the paper "Remarks on the Analytic Hierarchy Process"", *Management Science*, 36, 3, pp. 259-268.

Steinitz, C. (2014): "The beginnings of geographical information systems: a personal historical perspective", *Planning Perspectives*, 29, 2, pp. 239-254.

Varela Ruiz, M.; Díaz Bravo, L. y García Durán, R. (2012): "Descripción y usos del método Delphi en investigaciones del área de la salud", *Revista Investigación en Educación Médica*, 1, 2, pp. 90-95.

Belenguer Plomer, M. Á. (2016): "Detección de problemas en la localización de usos del suelo mediante SIG y AHP: el caso de Riba-Roja de Túria (Valencia)", GeoFocus (Artículos), nº18, p. 3-24. ISSN: 1578-5157

Yang, F.; Zeng, G.; Du, C.; Tang, L.; Zhou, J. y Li, Z. (2008): "Spatial analyzing system for urban land-use management based on GIS and multi-criteria assessment modeling", *Progress in Natural Science*, 18, pp. 1279–1284.

Youssef, A. M.; Pradhan, B. y Tarabees, E. (2011): "Integrated evaluation of urban development suitability based on remote sensing and GIS techniques: contribution from the analytic hierarchy process", *Arabian Journal of Geosciences*, 4, 3, pp. 463-473.

Zhang, J., Su, Y., Wu, J., y Liang, H. (2015): "GIS based land suitability assessment for tobacco production using AHP and fuzzy set in Shandong province of China", *Computers and Electronics in Agriculture*, 114, pp. 202-211.