

Aplicación SIG-Web SADE-MC para verificar la percepción de las edificaciones presentes en el entorno rural extremeño

Jin Su Jeong*, David González-Gómez**

RESUMEN: La toma de decisiones es una tarea que se realiza continuamente. Para considerar aspectos espaciales y multi-criterio en este estudio, se propone un sistema *web* de apoyo a la toma de decisión espacial multi-criterio (SADE-MC). Este trabajo presenta un sistema *web* de verificación SADE-MC, estableciéndose dos vías de participación, basado en los resultados obtenidos previamente. Así, se persigue contrastar la idoneidad de la disposición de edificaciones sostenibles en el entorno rural extremeño. Para ello, se evalúa la percepción resultante de los datos procedentes de dos vías de participación de cinco grupos (G1 a G5) a través de diagramas de radar, observándose una respuesta opuesta a la integración de construcciones entre G1 y G5. Así, se evidencia la necesidad de facilitar ayuda a la hora de establecer los posibles usos del suelo y proponer diferentes alternativas mediante herramientas precisas y eficientes, además de la posibilidad de ser aplicadas en diferentes situaciones.

Clasificación JEL: O2; R14; R52; R58.

Palabras clave: ordenación de construcciones sostenibles; participación multi-vía; orden ADMC; análisis de percepción; participación para la toma de decisión.

Web-GIS MC-SDSS verification forming the perception of building arrangements in Extremadura landscapes

ABSTRACT: People are undertaking various decision problems daily. Spatial and multi-criteria aspects of the studied problem led to develop a multi-criteria spa-

* Departamento de Ingeniería Mecánica, Química y Diseño Industrial, Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial, Universidad Politécnica de Madrid.

** Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas, Universidad de Extremadura.

Autor para correspondencia: J. S. Jeong, Departamento de Ingeniería Mecánica, Química y Diseño Industrial, Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial, Universidad Politécnica de Madrid, Ronda de Valencia 3, 28012 Madrid, España. E-mail: jinsu.jeong@upm.es.

Recibido: 14 de junio de 2017 / Aceptado: 19 de septiembre de 2018.

tial decision support system (MC-SDSS) based *web*. This paper presents a *web*-based MC-SDSS verification with two-way participation based on the results of a previous work, defining the first phases of a conceptual framework and prototype application. In this work, it aims at examining the suitability of sustainable building arrangements that have occurred in Extremadura rural landscapes. With qualitative two-way content and survey data, the results described radar diagrams reflecting the different perception of public and academic participation groups (G1 to G5). Specifically, G4 expressed more positive responses to building integration while G5 showed the opposite responses. Thus, it is fundamental to help proper land-uses and decision alternatives through accurate and efficient tool, and to be able to apply other destinations.

JEL Classification: O2; R14; R52; R58.

Keywords: sustainable building integration; two ways participation; MCDA order; perception analysis; participatory DMs.

1. Introducción

La toma de decisiones a menudo requiere una gran cantidad de alternativas que, por su complejidad, se deben evaluar basándose en múltiples perspectivas (Fountas *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2014) a través de valores cualitativos más que cuantitativos (Montes *et al.*, 2015; Jeong *et al.*, 2015). De forma particular, el análisis de decisión multi-criterio (ADMC) facilita la toma de decisiones en situaciones conflictivas donde existen varias soluciones y hay que considerar diferentes perspectivas (González-Ramiro *et al.*, 2016; Malczewski, 2006). El sistema de apoyo a la decisión espacial multi-criterio (SADE-MC) ha sido diseñado mediante la combinación del proceso de análisis espacial con ADMC. Este sistema tiene como objetivo formular y dar apoyo en el proceso de resolución de problemas de decisión espaciales (Sharifi y Retsios, 2004). Además, se ha desarrollado una herramienta de integración, capaz de tratar tanto el lado analítico, como el comunicativo de la planificación en la toma de decisiones espacial (Ruiz y Fernández, 2009).

Por otro lado, las herramientas *web* permiten explorar tanto las ventajas de la difusión de información para la toma de decisiones, como la integración de los SIG en el ADMC (Kangas y Store, 2003; Silva *et al.*, 2014). El rápido crecimiento de estas herramientas ha tenido una gran influencia en la arquitectura del paisaje, y la enseñanza y práctica de la planificación urbana (Webb *et al.*, 2013). Los sistemas comunes de SADE basados en tecnología *web* están constituidos por un sistema SIG-*web*, donde la información SIG se implementa en el entorno WWW y se utiliza un software SIG de código libre donde se integran los métodos ADMC (Nijkamp, 2016). Por otro lado, algunos autores resaltan que Internet proporciona nuevas alternativas de participación en los procesos de la toma de decisiones, generando una nueva esfera pública de interacción y debate entre los participantes (Gutiérrez *et al.*, 2015). En el marco de la toma de decisiones en la planificación espacial, el grupo de interés es numeroso y se compone por individuos de muy

diferente origen e intereses. La incorporación de sus opiniones permite alcanzar soluciones consensuadas, que además son factibles, ya que tienden a ser razonables, realistas y sostenibles (Jaraíz *et al.*, 2013; Jeong *et al.*, 2016; Fountas *et al.*, 2006).

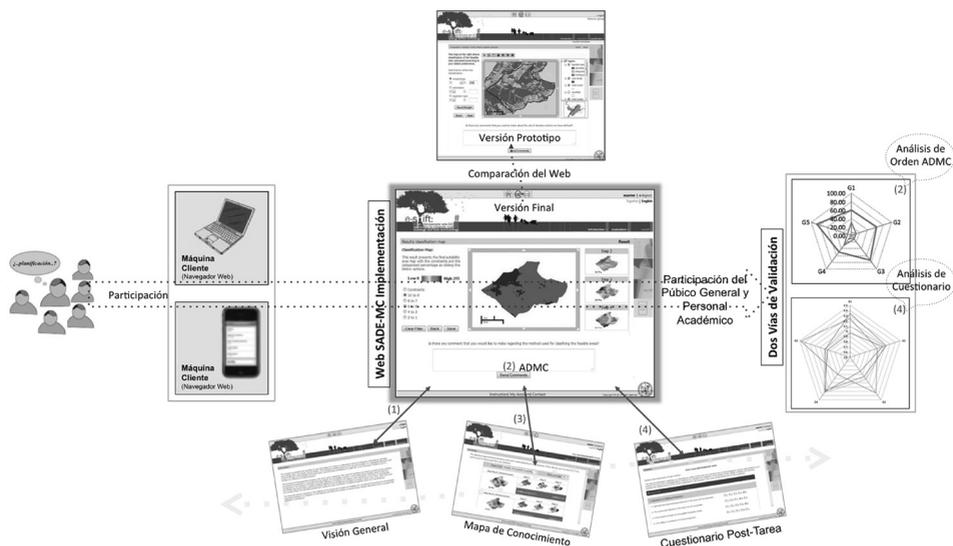
Este trabajo tiene como objetivo confirmar que la investigación puede contribuir en los procesos participativos de toma de decisión espacial, permitiendo proyectar de forma óptima edificaciones rurales en su entorno. Este artículo busca argumentar y verificar la hipótesis de que a partir de los datos cualitativos de dos vías de participación (público general y personal académico) recabados a partir de una aplicación *web*, se pueden establecer las diferentes percepciones de los modelos espaciales. Para ello, en este trabajo, se ha desarrollado una aplicación *web* SADE-MC en un entorno SIG-ADMC. La aplicación se ha validado para la identificación y formulación de criterios y modelos espaciales adecuados para la toma de decisiones en el caso concreto del área de estudio. De este modo, la aplicación *web* se estructura en una pantalla principal, un sistema de apoyo a la toma de decisión espacial multi-criterio, un mapa de conocimiento interoperable y una sección de cuestionarios. Los resultados obtenidos en este estudio, reflejan las diferentes percepciones de los modelos espaciales.

Este trabajo se estructura en cuatro secciones. En la sección de «materiales y método» se lleva a cabo una descripción detallada de la aplicación desarrollada, así como de las variables consideradas y su medición. Seguidamente, en el apartado de «resultados y discusión» se describe el grupo de encuestados teniendo en cuenta el perfil sociodemográfico de ambas vías. También se presenta la versión final de la herramienta *web* desarrollada y se compara con prototipos anteriores de esta herramienta. Finalmente, se realiza un análisis detallado del contenido cualitativo y de los resultados de las encuestas proporcionados por los participantes que permite evaluar la representatividad de la muestra. El trabajo concluye con las conclusiones generales alcanzadas.

2. Materiales y método

Este trabajo pretende evaluar la idoneidad de la integración de edificaciones en entornos rurales en Extremadura, teniendo en cuenta una amplia gama de criterios y un proceso de evaluación por etapas. Para mostrar la consecución de este objetivo, se ha utilizado un área de estudio localizada en Hervás (Extremadura). Se ha aplicado un proceso de evaluación multi-criterio enmarcado en una interfaz *web* a través de herramientas de análisis espacial con SIG-ADMC, basadas en la evaluación de ciertos criterios y sub-criterios. Seguidamente, se ha validado a través del análisis de los modelos espaciales generados a partir de las diferentes percepciones mostradas por parte de los participantes (Figura 1).

Figura 1. Proceso de implementación y validación mediante la aplicación web SADE-MC



2.1. Descripción y aplicación de la metodología ADMC

Existen diferentes métodos para evaluar la adecuada integración de edificios en sus paisajes circundantes, basados en la integración de SIG y ADMC. El ADMC proporciona diferentes alternativas para organizar y analizar situaciones complejas asociadas con la toma de decisiones. También proporciona apoyo para evidenciar las preferencias en los procesos participativos de toma de decisión (Malczewski, 2006; Jeong *et al.*, 2016; Jeong *et al.*, 2018). La definición de los criterios y sus atributos empleados en este trabajo, se ha llevado a cabo de forma conjunta por los autores y un grupo de expertos. En esta tarea, se han tenido en cuenta la política de planificación europea (Consejo de la Unión Europea, 2001), la ley de ordenación del territorio en Extremadura (LESOTEX, Ley 15/2001 de Suelo y Ordenación del Paisaje de Extremadura), y bibliografía pertinente. Los criterios de evaluación utilizados se clasifican en tres categorías principales; criterios físicos, ambientales y socio-económicos. Los criterios propuestos y sub-criterios se resumen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Criterios descriptivos y sus objetivos

<i>Criterio y sub-criterio</i>	<i>Descripción</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Nombre</i>
Físico			
Morfología	Incorporación en los atributos importantes de área de influencia específica.	Maximizar	MORH
Orientación	Área de un mejor aspecto por razones estéticas.	Maximizar	ORIE
Uso del terreno	El desarrollo actual del suelo de las bandas del Landsat.	Maximizar	LAUS
Visibilidad	Zona habitada desde los puntos designados para preservar el valor estético.	Maximizar	VISI
Medioambiental			
Ecosistema	Interés ecológico y/o estético único basado en restricciones legales.	Maximizar	ECOS
Fuente de agua	Recogida individualizada de manantiales y/o pozos de agua subterránea.	Maximizar	WASO
Agua superficial	Área de lagos y ríos con flujo continuo de agua.	Maximizar	SUWA
Vegetación	Singularidad ecológica espacial de las formaciones naturales.	Maximizar	VEGE
Socio-económico			
Acceso al sitio	Infraestructuras de las redes de transporte existentes.	Maximizar	SIAC
Población	Zona de influencia de los asentamientos humanos con actividades económicas.	Maximizar	POPU
Área residencial	Ciudades y pueblos con una alta concentración de actividades humana.	Maximizar	REAR
Recurso turístico	Distancia de las zonas turísticas, culturales y urbanas.	Maximizar	TORE

En primer lugar, como proceso de normalización, se rasterizó el área del caso de estudio en celdas de cuadrícula 10 m x 10 m. De este modo, todos los criterios de las categorías se presentan uniformemente en una escala de 0-255 bytes, utilizando funciones de pertenencia difusa. Esta función describe un crecimiento y decrecimiento monótono en la teoría de conjuntos difusos (Eastman, 2003). En esta clasificación, el valor de 0 byte se asigna a las menos adecuadas y el valor de clasificación de 255 bytes se asigna a las más adecuadas. De esta forma, se muestra cómo transformar las diferentes unidades de medida de las imágenes de los factores en índices de idoneidad comparables. El método de procesos analítico jerárquicos (PAJ) es un enfoque eficaz para extraer los pesos de importancia relativos, utilizando la matriz de comparación por pares (MCP) en los problemas toma de decisión especificados. Para la creación de esta matriz, los tomadores de decisiones deben considerar los siguientes atributos $a_{ii} = 1$ y $a_{ij} = 1/a_{ji}$. La correcta estimación del autovector del MCP se hace

basándose en la media geométrica de cada fila de la matriz MCP (Armengou *et al.*, 2012; Saaty, 1996). En primer lugar, y solo por las limitaciones de este trabajo, se lleva a cabo un proceso de estandarización y cálculo para dos categorías del área de estudio: índice de idoneidad igual 1 (idóneo) e índice de idoneidad igual a 0 (no idóneo). Estos valores fueron empleados para trazar las áreas geográficas a partir de la siguiente expresión matemática (Ecuación 1):

$$V = \prod_{k=1}^l y_k \quad [1]$$

donde V es el valor del índice de idoneidad para el área, su valor puede ser 0 o 1; y_k es la puntuación del criterio para la restricción k ; l es el número de criterios restrictivos. Los valores de índice de idoneidad 0 (zonas no idóneas que no deben ser consideradas) son representados con el color rojo, mientras que los valores de idoneidad 1, son representadas con el color azul, y corresponden a zonas que presentan posibilidad para una evaluación adicional.

Seguidamente, se determina el índice general de idoneidad mediante la aplicación del método de ponderación aditiva simple (PAS), mediante el cual se calculan los valores finales de clasificación en los problemas multi-criterio (Jeong *et al.*, 2012; Yoon y Hwang, 1995). Para cada grupo de criterios, los pesos fueron asignados en función de cómo fue considerada su importancia. La ecuación matemática para establecer el índice de idoneidad global, aplicando tanto criterios como restricciones, es:

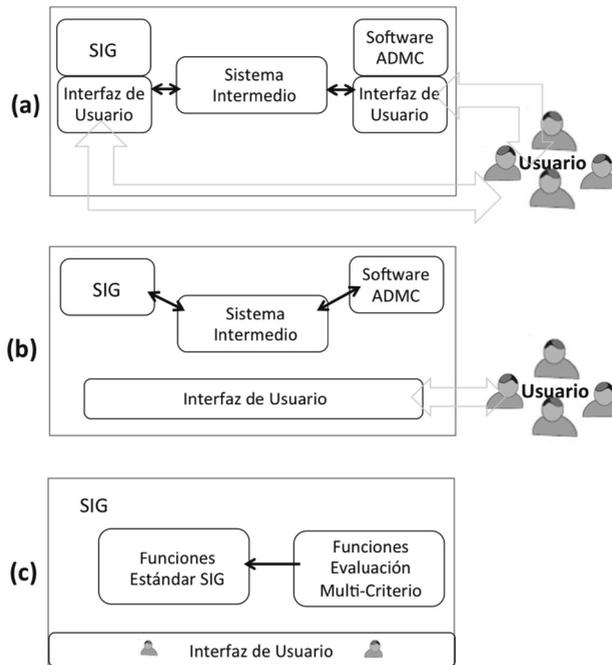
$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j v_{ij} \cdot \prod_{k=1}^l y_k \quad [2]$$

donde V_i es el valor calculado de índice de idoneidad; w_j es el peso del factor j ; v_{ij} es la puntuación criterio del factor j ; y_k es la puntuación criterio de restricción k ; n es el número de factores; l es el número de criterios restrictivos. Mediante esta técnica de agregación, se multiplican las puntuaciones de los factores por el peso los factores, y después se suman los productos para obtener la puntuación idoneidad como se muestra en la Ecuación 2.

2.2. Aproximación *web* SADE-MC

Particularmente, SADE-MC se puede clasificar de acuerdo al grado de integración entre el ADMC y el SIG. Esta integración se refiere a la conexión física y lógica entre los paquetes de software en el sistema (véase Figura 2) (Chakhar y Mousseau, 2008; Goodchild, 1992). Estas posibilidades para hacer una herramienta interactiva utilizando los sistemas, métodos y capacidades son un punto de partida para desarrollar herramientas *web* complejas y sofisticadas.

Figura 2. Esquema de los modos de integración SIG-ADMC:
 (a) integración mínima, (b) integración estrecha y (c) plena integración
 (Chakhar y Mousseau, 2008)



La *web* SADE-MC desarrollada se caracteriza por la integración dinámica y completa del SIG-ADMC, tal como se muestra en la Figura 2c. La interfaz *web* implementada está compuesta por un sistema cliente/servidor, que se define como una colaboración y comunicación para apoyar los procesos de la toma de decisiones entre clientes y servidores. La interfaz *web* desarrollada se estructura a través de cuatro componentes principales: la sección de visión general, la sección de sistema de apoyo a la decisión espacial multi-criterio, la sección de mapa de conocimiento interoperable y la sección de cuestionario posterior a la tarea. Para tener un acceso completo al sistema, el usuario debe estar autenticado, aunque el sistema es igualmente funcional para los usuarios registrados y no registrados. Analizando los detalles de las características del sistema, la sección SADE-MC se integra por completo en un solo sistema *front-end web*, como cualquier otra función SIG. En este caso, se emplea un servidor de algoritmo para la ejecución a través de Internet de los diferentes métodos ADMC que contiene. Tras esta sección, los usuarios pueden acceder directamente a la resolución de un problema particular ADMC, mediante un esquema de intercambio de archivos de entrada/salida utilizando un protocolo de comunicación, basado en el mapa de conocimiento, entre la interfaz y el servidor. Esta sección recoge todos los comentarios realizados y los conocimientos tácitos personales (Po-

lanyi, 1996), y representa el recurso final para los usuarios. Con la consecución de una integración adecuada de construcciones mediante la participación de la aplicación *web* diseñada, se proporciona una experiencia de aprendizaje y participación, y por tanto debe ser entendida como un proceso de aprendizaje (Hamilton *et al.*, 2001). Por tanto, el objetivo general de la *web* diseñada, es crear una planificación SADE-MC especialmente apropiada para la integración de los edificios rurales y sus elementos de la toma de decisiones, tanto para apoyar el análisis de la percepción de los participantes, así como sus propias experiencias a través del proceso de mapa de conocimientos.

2.3. Medición de variables mediante las dos vías de participación

A través de la *web* desarrollada, los datos del estudio se recogieron a partir de las dos vías de participación. En primer lugar, la participación pública se dividió en cuatro grupos (vínculos débiles, conectados socialmente, comprometidos con el lugar, y raíces y recursos) en función del vínculo emocional y social de los participantes con el área de estudio. Esta clasificación fue nombrada como «sentido de lugar». En segundo lugar, la segunda vía de participación se basa en lo que se ha denominado «sentido de campo», donde se engloba el público general y personal académico. Dada las características del grupo «sentido de lugar», estos participantes también forman parte del grupo raíces y recursos. Un total de 334 participantes, de diferentes orígenes y edades, visitaron el sitio *web*. De entre ellos, el 96% participó en el proceso de ADMC generándose un total de 321 ponderaciones. Finalmente, el 86% de los participantes completó el cuestionario post-tarea recabándose 287 respuestas. Los datos de ambos grupos, el orden de ponderaciones ADMC y las respuestas del cuestionario fueron analizados, tanto en el enfoque de contenidos como de análisis estadístico.

La información socio-demográfica de los participantes de ambas vías se presenta en el Cuadro 2. La dispersión de género fue pequeña, con un ligero sesgo hacia los hombres (150 encuestados, el 52,4%). La mayoría de los encuestados se encuentran en dos tramos de edad, 20-34 y 35-49. Más de la mitad tenían al menos una titulación universitaria y, de entre ellos, los participantes del grupo académico fueron alrededor de un cuarto (76, 26,4%). Aproximadamente un tercio de los encuestados eran trabajadores profesionales, entre los que se incluyen empresarios, profesionales y especialistas. Alrededor de una quinta parte de los encuestados fueron trabajadores obreros. Una cuarta parte no tenía ninguna relación con el área de estudio (70, 24,4%) y un séptimo no vivía en la zona, pero tenían un fuerte apego emocional debido a razones personales (41, 14,3%). Más de la mitad de los encuestados mantenían una relación territorial con la zona de estudio (160, 55,7%).

Cuadro 2. Información socio-demográfica de las dos vías de participación a través de la aplicación *web* (n = 287)

<i>Cuestionario</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Genero		
Mujer	137	47,6
Hombre	150	52,4
Edad		
Menos 18	2	0,7
20-34	134	46,7
35-49	108	37,7
50-64	33	11,4
Más de 65	10	3,5
Educación		
Estudios básicos	39	13,5
Educación primaria	14	5,1
Educación secundaria	22	7,6
Formación profesional	29	10,3
Universitaria	157	54,9
Postgrado	26	8,6
Ocupación		
Emprendedores/Profesionales/especialistas	29	10,1
Obreros	71	24,7
Técnicos	26	9,1
Estudiantes	78	27,2
Otros	83	28,9
Relación de los participantes con el área de estudio		
Sin ninguna relación	70	24,4
Residentes a tiempo parcial o turistas	16	5,6
No residentes, pero con fuerte vínculo	41	14,3
Residentes permanentes en el área de estudio o la vecindad	160	55,7

2.4. Variables y métodos estadísticos

En primer lugar, se realizó un análisis de la información socio-demográfica de los grupos encuestados. En este estudio, se utilizaron dos tipos de variables de medidas: en primer lugar, el proceso de ponderación ADMC de los encuestados se cuantificó usando una escala común desde menos favorable (1) a más favorable (10); posteriormente se midieron a través del cuestionario, las percepciones de los usuarios sobre la integración de la construcción en el entorno utilizando una escala tipo Likert de cinco puntos que va «desde no están de acuerdo por completo» (1) a «completamente de acuerdo» (5). La información de los dos grupos de participación fue analizada mediante parámetros cualitativos, en los que se incluye un análisis detallado del contenido y los resultados de la encuesta. En el análisis de contenido, se incluyen datos cualitativos sobre los diversos tipos de las ponderaciones ADMC. Finalmente, con objeto de identificar la existencia de diferencias significativas entre los resultados, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significación de $p \leq 0,1$.

3. Resultados y discusión

Para consolidar la interpretación de los resultados, en primer lugar, se describe el grupo de encuestados según el sentido de lugar y el sentido de campo. Para esta descripción también se considera el perfil sociodemográfico de ambas vías. En segundo lugar, se presenta la versión final de la herramienta *web* desarrollada y se compara con prototipos anteriores de esta herramienta. Finalmente, se realiza un análisis detallado del contenido cualitativo y de los resultados de las encuestas proporcionados por los participantes que permite evaluar la representatividad de la muestra. Por otro lado, se presenta un análisis estadístico sobre las opiniones aportadas en la sección «Percepción de la integración de edificios en el paisaje».

3.1. Clasificación de participantes en función del sentido de lugar y sentido de campo

Los componentes de los perfiles sociodemográficos de los participantes de ambas vías (véase Cuadro 2), fueron seleccionados en función del sentido de lugar y sentido de campo. En relación a los participantes englobados en el grupo sentido de lugar, los perfiles fueron divididos en cuatro grupos: «vínculos débiles», «conectados socialmente», «comprometidos con el lugar» y «raíces y recursos». De entre ellos, uno de cada cinco no tenía ninguna relación con el área de estudio, mientras que 16 de los encuestados eran residentes a tiempo parcial o turistas (5,6%). Por otro lado, 41 de los encuestados no vivían en la zona, pero tenían un fuerte apego emocional debido a razones personales (14,3%). Finalmente, más de la mitad viven en la zona o cercanías. En cuanto a los participantes en función del sentido de lugar, los perfiles fueron divididos en dos grupos, público general y académico. En este último se in-

cluyen los estudiantes de diseño, concretamente uno de cada cinco participantes era un estudiante de diseño.

Los cuatro grupos formados, en función del sentido del lugar, se diferencian en función de su intensidad y dimensión. En el grupo de participantes con «vínculos débiles» se incluyen los participantes que presentan una mayor indiferencia con la zona de estudio, ya que no tienen ninguna relación con esta área. En el grupo de «conectados socialmente» se engloban los participantes que tuvieron algún tipo de relación social con el área de estudio, y que no tienen ningún tipo de arraigo social fuerte o relación con la zona. Por tanto, los integrantes de este grupo presentan un apego pequeño con la zona (residentes a tiempo parcial o turistas en la zona de estudio). En el grupo de «comprometidos con el lugar», los participantes tienen un fuerte apego emocional con la zona de estudio, pero una débil relación social. Esto implica que los participantes englobados en este grupo de encuestados estaban poco familiarizados con la zona de estudio (no viven en esa área, pero tienen un fuerte apego con la zona de estudio). El grupo «raíces y recursos» está integrado por individuos con un fuerte vínculo con la zona de estudio y un nivel muy alto de apego social (viven de forma permanente en el área de estudio o en las cercanías). Por tanto, los miembros de este grupo, han adaptado su día a día a los requerimientos de la zona de estudio. Finalmente indicar, que en estos cuatro grupos difieren significativamente con respecto a todos estos componentes.

3.2. Perfiles de las dos vías de participación

Con objeto de fortalecer la interpretación de los resultados, se analizaron los perfiles socio-demográficos de cada grupo. En el Cuadro 3 se especifica la descripción abreviada de cada componente, dentro de los cinco grupos, en función del sentido de lugar, así como su como su pertenencia en el grupo sentido de campo. De este modo, es más fácil detectar aquellos clústeres sociodemográficos más sobre-representados en cada grupo.

El primer grupo, vínculos débiles (G1), estaba constituido por integrantes jóvenes y de mediana edad, sin ningún tipo de propiedades en el área de estudio. Los participantes de este grupo presentan un alto nivel educativo y con profesiones técnicas. Además, representan una frecuencia media en la apreciación del paisaje. En el segundo grupo, conectados socialmente (G2), se incluyen participantes de mediana edad, con todo tipo de educación y ocupaciones, de los que algunos eran propietarios y otros no. Los integrantes de este grupo pueden ser considerados como recién llegados, y mostraron una frecuencia alta en la apreciación del paisaje. El tercer grupo, comprometidos con el lugar (G3), está integrado por individuos de mediana edad y mayores. Se incluyen trabajadores técnicos cualificados y trabajadores obreros no cualificados, con diferentes niveles de educación. En este grupo hay tanto propietarios como otros que no lo son, y presentan una alta frecuencia en la apreciación del paisaje. En el cuarto grupo, raíces y recursos (G4 y G5), se subdivide en dos sub-grupos, y en él se incluyen la gran mayoría de los encuestados.

En primer lugar, considerando el sentido de lugar (G4) la mayoría de los integrantes fueron participantes de mediana y edad avanzada, así como con diferentes niveles educativos y ocupaciones. La mayoría eran propietarios de terrenos en la zona, pero sin una frecuencia alta en la apreciación del paisaje. De forma global, más de la mitad de los participantes propietarios estaban incluidos en este grupo. El último grupo (G5), considerando la pertenencia al grupo sentido de campo, estaba constituido por participantes jóvenes, todos ellos estudiantes de diseño. Los integrantes de este grupo poseen una frecuencia alta en la apreciación del paisaje, pero ninguno de ellos era propietario.

Cuadro 3. Perfiles socio-demográfico de los grupos participantes de *web* en función de sentido de lugar y sentido de campo

	<i>Características socio-demográficas dominantes</i>				
	<i>Sentido de lugar</i>				<i>Sentido de campo</i>
	<i>Vínculos débiles (G1)</i>	<i>Conectados socialmente (G2)</i>	<i>Comprometidos con el lugar (G3)</i>	<i>Raíces y recursos (G4, G5)</i>	
Edad	Jóvenes y mediana edad	Mediana edad	Mediana edad y edad superior	Mediana edad y edad superior	Jóvenes
Educación	Superior	Todos los niveles	Secundaria	Todos los niveles	Superior
Ocupación	Técnicos	Técnicos y obreros	Técnicos y obreros	Técnicos y obreros	Obreros
Residencia en el área	Residentes periodos cortos	Residentes periodos cortos	Residentes periodos medios y cortos	Residentes periodos largos	Residentes periodos medios y largos
Apreciación del paisaje	Frecuencia media	Frecuencia alta	Frecuencia alta	Frecuencia baja	Frecuencia alta
Propiedad del terreno	No propietarios	Ambos	Ambos	Propietarios	No propietarios

3.3. Comparación del prototipo y la versión final de la aplicación *web* implementada

La versión final de la aplicación *web* se denomina *e-shift*. Esta aplicación proporciona apoyo a la colaboración y comunicación asincrónica en el proceso de la toma de decisiones para la integración de construcciones rurales en su entorno (Jeong *et al.*, 2015). Tanto la aplicación *web* definitiva, como su prototipo, están estructurados en cuatro fases o unidades (Figura 3). Cada una de estas fases se implementa como un módulo independiente pero totalmente integrados entre sí, de fácil navegación y con un diseño accesible.

Tanto la versión final de la aplicación *web*, como su prototipo, están estructuralmente divididas en cuatro páginas o secciones, tanto para usuarios registrados como no registrados. Estas cuatro secciones son: *web* introductoria; instrucciones generales; registro y por último información de contacto. En la versión final, se ha incluido adicionalmente algunas actualizaciones como un vídeo tutorial, el texto de los comentarios aportados y página de registro con los perfiles de los usuarios. La sección del sistema de apoyo a las decisiones espaciales supone la segunda fase del proceso. En esta sección se han incorporado una serie de cambios y mejoras, en relación a la versión prototipo, tal como se muestra en la Figura 3. En primer lugar, se ha reducido el número total de criterios de cinco a cuatro, simplificando de este modo el proceso de estimado de la ratio. Además, la versión final mejora la ventana de mapeo y leyendas para facilitar y mejorar el uso productivo de la aplicación *web* (Figura 3a). En segundo lugar, se ha modificado el número de sub-criterios, así como el modo de selección de la importancia relativa de cada uno de ellos. Concretamente se pasa de un sistema de selección a través de barra deslizante a un sistema de menú desplegable, donde la escala de importancia relativa pasa a ser de 1 a 10, en lugar de 0 a 255, como se estableció inicialmente. Además, se añaden tres pequeñas ventanas, donde los usuarios podrán comprobar directamente el resultado de la selección de cada sub-criterio (Figuras 3b y 4). Para que esta sección sea operativa, los usuarios deben estar autenticados en el sistema, y así poder decidir sobre la idoneidad del sitio seleccionado para la integración de la edificación rural. Una vez finalizado este proceso, los usuarios acceden a la página de clasificación con un nivel de consciencia mayor de la labor en la que están involucrados. Por otro lado, la sección de mapa de conocimiento interoperable ha sido modificada drásticamente (Figura 3c). En ambas versiones, se proporciona un mapa de conocimiento, que no es más que un archivo de datos en el que se incluyen los resultados de clasificación y procesos de comunicación entre usuarios. Sin embargo, se ha cambiado la forma en la que los datos son presentados, pasando de un concepto más abstracto a otro más práctico, permitiendo así que los usuarios con menor experiencia en internet puedan aprovechar al máximo la potencialidad de la aplicación, sin que esto suponga una reducción de información para profesionales con mayores niveles de experiencia. En esta sección, todos los comentarios de los usuarios son almacenados como documentos, pudiendo ser compartidos o re-utilizados, y para garantizar una comunicación de este conocimiento tácito, esta información es transferida a otros usuarios. Por último, en la sección cuestionario post-tarea, tan solo se han realizado algunos cambios en los ítems planteados con objeto de reflejar los objetivos de la investigación en relación a la diferente percepción de los modelos espaciales. Los resultados recabados en este cuestionario, a partir de las dos vías de participación, permiten calibrar el método de medición de la percepción de los usuarios en relación a la integración de las construcciones.

Figura 3. Comparación de la sección de apoyo a la decisión espacial multi-criterio entre la aplicación *web* final y su prototipo: (a) página de selección de criterios; (b) página de selección de sub-criterios; (c) página de sección de mapa de conocimiento interoperable

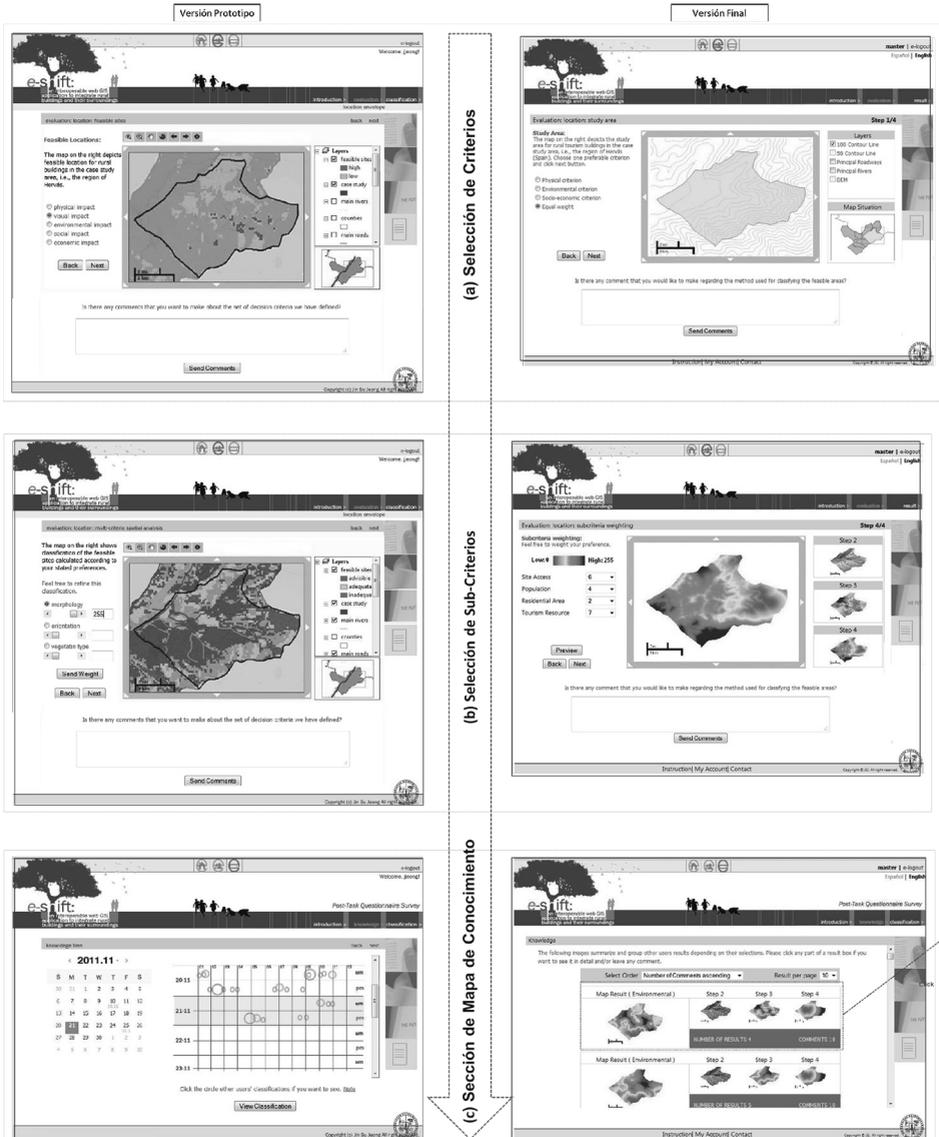
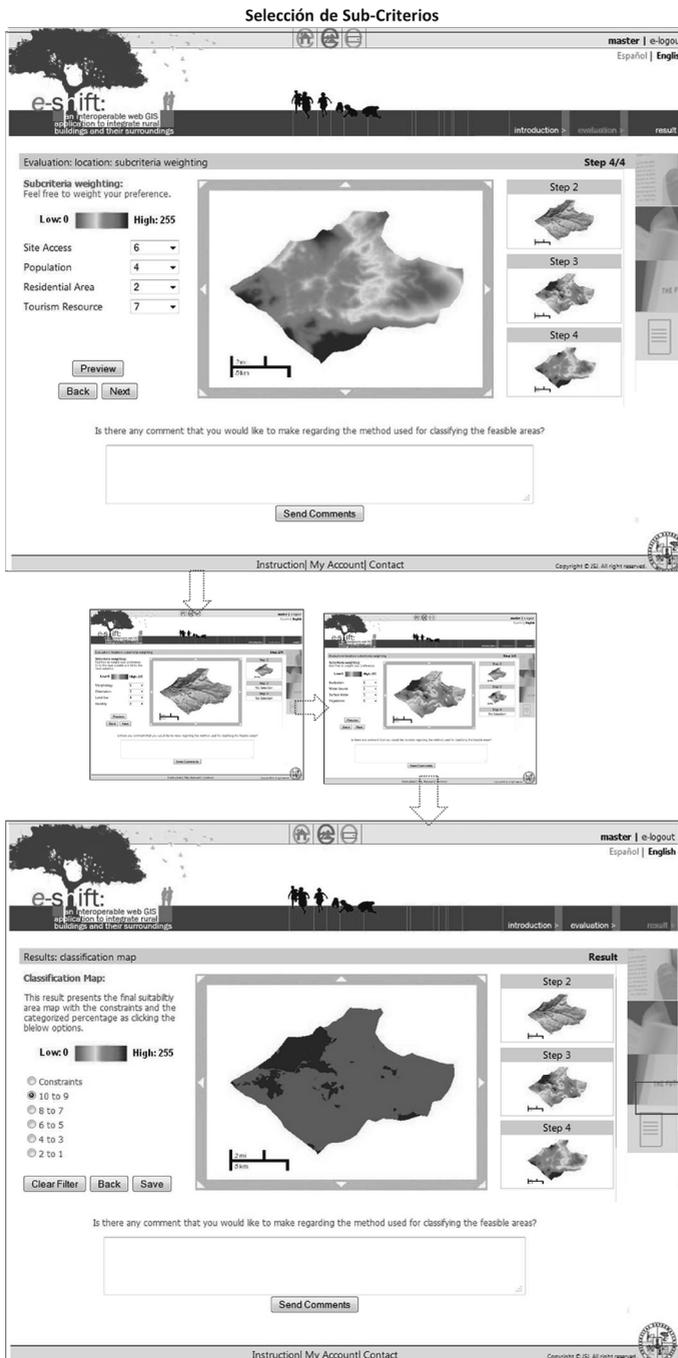


Figura 4. Página de selección de sub-criterios

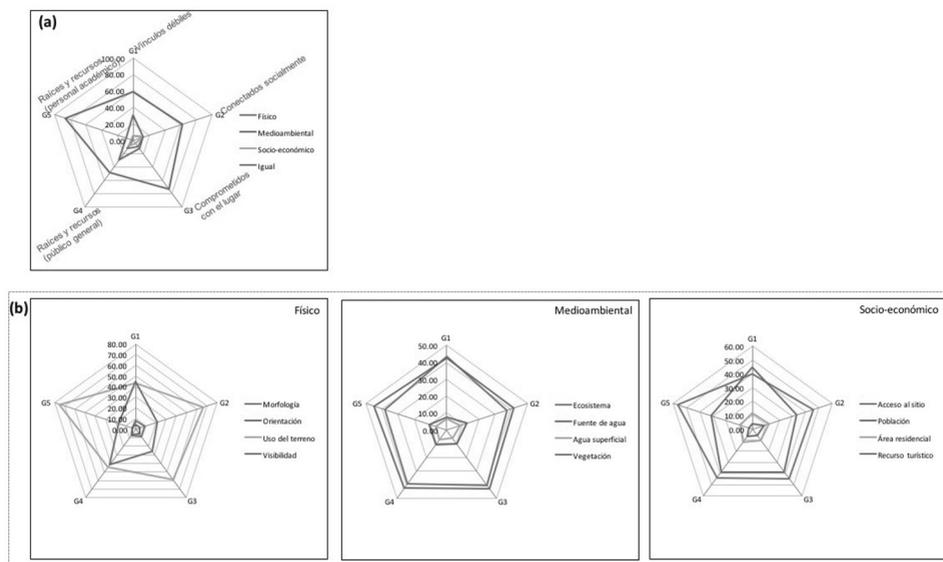


3.4. Análisis de las variables de las dos vías de participación

Para analizar las variables de las dos vías de participación, se han utilizado diagramas de radar. Estos diagramas permiten caracterizar el rendimiento de un ejemplo integrado multi-objetivo. En este estudio, las Figuras 5 y 6 muestran los resultados del proceso de clasificación ADMC y de la encuesta a partir de un conjunto integrado de indicadores, referidos a las diferentes dimensiones de análisis. De forma particular, en este trabajo se incluyen los criterios y sus correspondientes atributos, así como los cuestionarios de la encuesta de los cinco grupos de participantes.

En la Figura 5 se muestra los resultados del proceso de clasificación ADMC como distribución de criterios y sub-criterios, respectivamente. Los intereses preferidos del orden ADMC exhiben el mismo eje con un nivel comparable de importancia: la distinta forma adquirida por los gráficos de radar de los otros grupos revela la peculiaridad de los criterios y sub-criterios analizados. De entre los tres criterios, y con una misma ponderación, los participantes seleccionan mayoritariamente los «criterios medioambientales» (65%): en concreto, G1 (59%), G2 (63%), G3 (73%), G4 (49%) y G5 (87%) (véase la Figura 5a). En este caso, G5 seleccionó el criterio ambiental de forma mayoritaria (87%), mientras que G4 no alcanzó el 50% (49%), a pesar de que ambos se encuentran englobados dentro del grupo «raíces y recursos». Esto pone de relieve la influencia que infiere sobre la selección de criterio el sentido de campo. La selección de sub-criterios está resumida en la Figura 5b. En primer lugar, en cuanto al criterio físico «factor de uso del terreno» cosechó la clasificación más alta (55%). En segundo lugar, referente al criterio ambiental, el factor «tipo de vegetación» recibió la clasificación más alta (43%). En la selección de sub-criterios, «ecosistema» fue seleccionado casi con la misma frecuencia que «tipo de vegetación», y al igual que en el caso anterior G1 mostró una mayor preferencia por el factor «ecosistema» que por el factor «vegetación». En tercer y último lugar, en el criterio socio-económico, el factor «acceso al sitio» obtuvo la máxima puntuación (46%). Por tanto, la identificación de las áreas más adecuada para la ubicación de los edificios en el paisaje circundante rural, se pudo resolver a partir del método PAS junto con las diferentes selecciones favorables, llevadas a cabo en el proceso, lo que constituye un ejemplo de cómo resolver un problema de criterios múltiples.

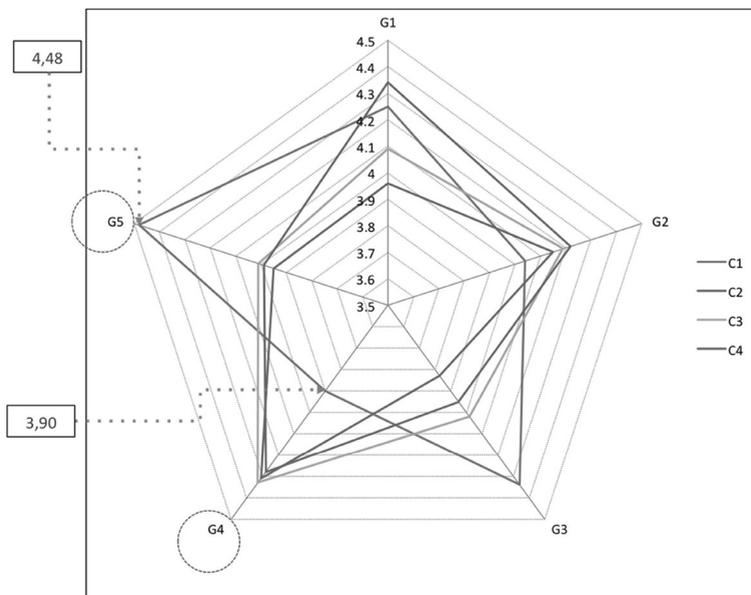
Figura 5. Comparación, mediante diagramas de radar, de los criterios y sub-criterios más seleccionados en el proceso de orden de ADMC por los grupos participantes (G1-G5): (a) diagramas de radar para los criterios; (b) diagramas de radar para los tres sub-criterios



En la Figura 6 se muestra los resultados del cuestionario post-tarea, referente a la percepción de la integración de construcciones en el entorno. Los ítems incluidos en esta encuesta fueron: «De forma general encuentro que los elementos del entorno del área de estudio son importantes» (C1); «Los elementos construidos en el área de estudio son aceptables» (C2); «Tengo una actitud positiva hacia los posibles resultados de la integración» (C3); y «Estoy dispuesto a contribuir a su futura integración» (C4). La percepción sobre la integración de construcciones varió entre los cinco grupos participantes en función del sentido de lugar y sentido de campo. De forma gráfica, la preferencia de intereses manifestados en el cuestionario, se muestra el mismo eje con un nivel comparable de importancia, mientras que la distinta forma adoptada por los gráficos de radar de los otros grupos revela la peculiaridad de las cuestiones analizadas. Los resultados de la encuesta se muestran como media \pm desviación estándar. Para establecer las características de la muestra se llevó a cabo un análisis de varianza de una vía. Además, se aplicó un test Turkey con un nivel de significación de $p \leq 0,1$ para establecer la presencia de diferencias significativas. De forma general, la percepción de los elementos del paisaje (C1) fue fuertemente aceptada por todos los grupos [el valor medio combinados de todos los grupos fue 4,20 (en una escala de cinco puntos)]. Sin embargo, dentro del grupo de raíces y recursos, G4 presentó un resultado menos positivo (el valor medio fue solo de 3,90) lo que contrasta significativamente con el grupo G5 (el valor medio fue de 4,48). Dentro del grupo «comprometidos con

el lugar» (G3) el valor medio fue de 4,34. En relación a la segunda pregunta C2, referente a la percepción de los elementos construidos, se obtuvieron resultados opuestos con respecto a C1: G2 y G4 mostraron valores positivos (los valores medios fueron 4,15 y 4,31, respectivamente). Con respecto a C3 (resultados de la integración), la mayoría de los participantes expresaron resultados positivos (el valor medio de todos los grupos combinados fue 4,13). Cabe reseñar una pequeña diferencia entre los grupos G3 y G5 a pesar de encontrarse en la misma posición en el grupo. En la cuarta cuestión (C4) relativa a las futuras contribuciones, los resultados muestran un escenario similar al de la cuestión previa. Los encuestados que tenían más apego al lugar, en términos emocionales, y pertenecientes al ámbito académico dieron respuestas más positivas a la percepción del paisaje actual y respuestas más negativas a la integración de la construcción. El grupo con mayor apego social al lugar también expresó una actitud más positiva que el grupo con vínculos débiles hacia el área de estudio. A pesar de que las diferencias entre los grupos fueron relativamente pequeñas, el análisis de diagrama de radar permite resaltar la debilidad y la fuerza de las percepciones de los encuestados y su grado de intensidad. Dependiendo del vínculo emocional con el sitio, se pueden encontrar fuertes conexiones con las zonas rurales, y en este sentido los participantes poseen diferentes percepciones con la integración de construcciones en un entorno rural.

Figura 6. Representación, mediante diagrama de radar, de los resultados dados por los cinco grupos de participantes (G1-G5) a las cuestiones incluidas en la encuesta post-tarea (C1-C4)



4. Conclusiones

Este artículo describe las etapas finales y resultados de un estudio que forma parte de un programa de investigación más amplio, destinado a evaluar la idoneidad de la integración de edificios desarrollados en entornos rurales de Extremadura. El sistema aquí propuesto integra un método ADMC que se resuelve mediante un conjunto de algoritmos integrados en un entorno *web*, que contienen varias herramientas ADMC, de acuerdo con un protocolo de comunicación claramente definido. De este modo, este trabajo enfatiza la implementación y validación de una herramienta *web* desarrollada a partir de la metodología propuesta, capaz de identificar y formular criterios adecuados y modelos espaciales para la toma de decisiones. La aplicación *web* final se compone de cuatro secciones consecutivas, que son: área de visión general, un sistema de ayuda a la decisión espacial multi-criterio, un mapa de conocimiento interoperable y un cuestionario post-tarea. Los resultados reflejan el proceso clasificación ADMC y la diferente percepción de modelos espaciales, todo ello basado en los datos cualitativos del estudio de dos vías (sentido de lugar y sentido de campo). El estudio del conjunto de datos permite calibrar el método para medir la percepción de los usuarios sobre la preferencia de los criterios y la integración de la construcción. En el análisis de la clasificación ADMC, mostrado mediante diagramas radar, se establece que los participantes agrupados en G4 y G5 (raíces y recursos), aún estando en el mismo grupo, tuvieron diferentes tendencias. El G4 mostró una mayor cercanía al G1 (vínculos débiles), mientras que G5 mostró mayor similitud con el G3 (comprometido con el lugar). El ANOVA de los resultados de la encuesta permitió esclarecer los puntos de vista de los encuestados y sus resultados consensuados con la hipótesis de investigación propuesta: existe una diferente percepción hacia la integración de construcciones en el entorno rural en función de los vínculos emocionales con el lugar (sentido de lugar), y la pertenencia o no del participante del estudio a un ámbito académico (sentido de campo). De este modo se puede apreciar una tendencia diferente entre G4 y G5, concretamente, G4 mostró una actitud más positiva a la integración de construcciones, en contra de lo establecido por G5.

De forma general, los resultados proporcionaron un consenso sobre la recomendación aportada, además de nuevos conocimientos e interpretaciones motivadas por un análisis más amplio de la integración de construcciones en un entorno rural mediante la aplicación *web* SADE-MC. Dada la importancia de establecer el correcto uso del suelo y de proporcionar alternativas, se hace imprescindible disponer de una herramienta capaz de asistir en este proceso. La herramienta descrita en este trabajo se puede adaptar fácilmente a otras aplicaciones, incluyendo las preferencias de los otros grupos de interés.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el programa Juan de la Cierva Formación (JDC-2015).

Bibliografía

- Andrienko, N., y Andrienko, G. (2001): «Intelligent support for geographic data analysis and decision making in the web», *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 5(2), pp. 115-128.
- Armengou, J., Aguado, A., y Ormazábal, G. (2012): «Sistema integrado para toma de decisiones en el diseño de estructuras de hormigón», *Informes de la Construcción*, 64(527), pp. 391-400.
- Chakhar, S., y Mousseau, V. (2008): «Multicriteria Spatial Decision Support Systems», en S. Shekhar y H. Xiong (eds.), *Encyclopedia of GIS*, Oxford, Springer, pp. 753-758.
- Eagen, W., Ngwenyama, O., y Prescod, F. (2008): «The design Charette in the classroom as a method for outcomes-based action learning in IS design», *Information Systems Education Journal*, 6(19), pp. 1-11.
- Eastman, J. R. (2003): *IDRISI Kilimanjaro: Guide to GIS and Image Processing*, Clark Laboratories, Clark University, Worcester.
- Fountas, S., Wulfsohn, D., Blackmore, B. S., Jacobsen, H. L., y Pederson, S. M. (2006): «A model of decision-making and information flows for information-intensive agriculture», *Agricultural Systems*, 87, pp. 192-210.
- González-Ramiro, A., Gonçalvez, G., Sánchez-Ríos, A., y Jeong, J. S. (2016): «Using a VGI and GIS-based multicriteria approach for assessing the potential of rural tourism in Extremadura (Spain)», *Sustainability*, 8(11), 1144.
- Goodchild, M. F. (1992): «Geographical information science», *International Journal of Geographical Information Systems*, 6(1), pp. 31-45.
- Gutiérrez Gallego, J., Naranjo Gómez, J. M., Jaraíz-Cabanillas, F. J., Ruiz Labrador, E. E., y Jeong, J. S. (2015): «A methodology to assess the connectivity caused by a transportation infrastructure: Application to the high-speed rail in Extremadura», *Case Studies on Transport Policy*, 3(4), pp. 392-401.
- Hair, J. F. Jr., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., y Tatham, R. L. (2006): *Multivariate Data Analysis*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Hamilton, A., Trodd, N., Zhang, X., Fernando, T., y Watson, K. (2001): «Learning through visual systems to enhance the urban planning process», *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28(6), pp. 833-845.
- Jaraíz, F. J., Mora, J., Gutiérrez, J. A., y Jeong, J. S. (2013): «Comparison of regional planning strategies: countywide general plans in USA and territorial plans in Spain», *Land Use Policy*, 30(1), pp. 758-773.
- Jeong, J. S., y Ramírez-Gómez, Á. (2018a): «Development of a web graphic model with fuzzy-decision-making Trial and Evaluation Laboratory/Multi-criteria-Spatial Decision Support System (F-DEMATEL/MC-SDSS) for sustainable planning and construction of rural housings», *Journal of Cleaner Production*, 199, pp. 584-592.
- (2018b): «Optimizing the location of a biomass plant with a fuzzy-DEcision-MAking Trial and Evaluation Laboratory (F-DEMATEL) and multi-criteria spatial decision assessment for renewable energy management and long-term sustainability», *Journal of Cleaner Production*, 182, pp. 509-529.
- 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, pp. 82-92.
- (2013): «A site planning approach for rural buildings into a landscape using a spatial multi-criteria decision analysis methodology», *Land Use Policy*, 32, pp. 108-118.
- Jeong, J. S., García Moruno, L., González Gómez, D., y Carver, S. (2016): «Implementación de un método para alcanzar un paisaje resiliente mediante la ubicación apropiada de edificaciones Rurales», *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 16(1), pp. 19-38.

- Jeong, J. S., García-Moruno, L., Hernández-Blanco, J., y Sánchez-Ríos, A. (2016): «Planning of rural housings in reservoir areas under (mass) tourism based on a fuzzy DEMATEL-GIS/MCDA hybrid and participatory method for Alange, Spain», *Habitat International*, 57, pp. 143-153.
- 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, pp. 330-340.
- Kangas, J., y Store, R. (2003): «Internet and teledemocracy in participatory planning of natural resources management», *Landscape and Urban Planning*, 62, pp. 89-101.
- LESOTEX (2001): «Guía práctica de aplicación de la Ley 15/2001 del suelo y ordenación territorial de Extremadura», http://sitex.juntaex.es/sias/Documentacion/guia_practica.pdf.
- Malczewski, J. (2006): «Review article GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature», *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), pp. 703-726.
- Montes, R., Sánchez, A. M., Villar, P., y Herera, F. (2015): «A web tool to support decision making in the housing market using hesitant fuzzy linguistic term sets», *Applied Soft Computing*, 35, pp. 949-957.
- Nijkamp, P. (2016): «The “resourceful region”. A new conceptualization of regional development strategies», *Investigaciones Regionales*, 36, pp. 191-214.
- Polanyi, M. (1996): «The Tacit Dimension», *Doubleday Broadway Publishing Group*, New York.
- Ruiz, M. C., y Fernández, I. (2009): «Environmental assessment in construction using a spatial decision support system», *Automation in Construction*, 18(8), pp. 1135-1143.
- Saaty, T. L. (1996): *The Analytic Hierarchy Process*, New York, McGraw-Hill.
- Sharifi, M. A., y Retsios, V. (2004): «Site selection for waste disposal through spatial multiple criteria decision analysis», *Journal of Telecommunications and Information Technology*, 3, pp. 1-11.
- Silva, S., Alçada-Almeida, L., y Dias, L. C. (2014): «Development of a web-based multi-criteria spatial decision support system for the assessment of environmental sustainability of dairy farms», *Computers and Electronics in Agriculture*, 108, pp. 46-57.
- Webb, M., Gibson, D., y Forkosh-Baruch, A. (2013): «Challenges for information technology supporting educational assessment», *Journal of Computer Assisted Learning*, 29, pp. 451-462.
- Yoon, K., y Hwang, C. L. (1995): *Multiple Attribute Decision Making: An introduction*, London, Sage Publications Inc.