

# PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD EN LA PROVINCIA DE CUENCA<sup>1</sup>

**Javier Martínez Vega**  
**Pilar Echavarría Daspet**  
**Victoria González Cascón**  
Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC)  
**Natalia Martínez Cruz**  
Asociación SEDECUCE

## RESUMEN

En este artículo se define un índice global de sostenibilidad, a nivel municipal, que integra las dimensiones económica, social y ambiental. Su fin es orientar a los gestores en la toma de decisiones en materia de ordenación territorial. Se utilizan fuentes estadísticas, cartográficas y encuestas. Se propone una metodología basada en sumas ponderadas, componentes principales, cluster y técnicas de regresión. Se ensaya en la provincia de Cuenca, ejemplo representativo de las zonas rurales de montaña de España peninsular. Los resultados permiten establecer cinco tipos de municipios.

**Palabras clave:** Sostenibilidad; Agendas Locales 21; Cuenca; España.

## ABSTRACT

In this article a global index of sustainability is defined, at a municipal level, which integrates the economic, social and environmental dimensions. The index purpose is to guide managers in their decisions related to territorial planning. There are in use statistical, cartographic as well as poll sources. It is proposed a methodology based weighed sums, principal components analysis, cluster and regression techniques. It is tested in the province

---

Fecha de recepción: febrero 2009.

Fecha de aceptación: junio 2009.

<sup>1</sup> Este trabajo original forma parte del Convenio de Investigación titulado «Agenda 21 de la Sierra Media Conquense (2005X144)», dirigido por Javier Martínez Vega y financiado por la Asociación SEDECUCE.

of Cuenca, representative example of the rural mountain zones of peninsular Spain. The results allow establishing five types of municipalities.

**Key words:** Sustainability; Local Agenda 21; Cuenca; Spain.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1. La sostenibilidad y los métodos para su medida a través de indicadores

Desde que comenzó a emplearse el concepto de desarrollo sostenible (United Nations, 1987) hasta la actualidad se han publicado numerosos trabajos sobre la sostenibilidad (Goodland *et al.*, 1997, Silberstein y Maser, 2000; Spangenberg, 2000; Marten, 2001; Markandya y Halsnaes, 2002; Mora, 2002; Erias, 2003; Connor, 2004; Pulido y Fontela, 2004; Mehra, 2005; Pérez y Ros, 2005; VV.AA., 2005; Novo, 2006; Rubio, 2006; Ministerio de Presidencia, 2008) desde diferentes enfoques pero, siempre, concibiéndola como objetivo deseable para un desarrollo equilibrado y durable de los territorios.

Existen diversos sistemas de indicadores de sostenibilidad que permiten aproximarnos a una medida de la misma y a su seguimiento desde un enfoque dinámico, así como comparar los resultados de la sostenibilidad entre diferentes territorios (OECD, 1998; EUROSTAT, 1999; Comisión Europea, 2000; Ramírez *et al.*, 2002; AEMA, 2004; Hezri, 2004; FMP-CLM, 2005).

Fernández Latorre (2006) repasa distintos métodos y escalas para medir la sostenibilidad. Entre otros, merece la pena resaltar, por su similitud con la propuesta metodológica de este artículo, el método ISOS que define isóneas que unen los puntos de similar sostenibilidad a escala global. Integra las tres dimensiones de la sostenibilidad aunque la unidad mínima de información es el país. Sikdar *et al.* (2004) también proporcionan abundante información sobre la métrica de las sostenibilidad.

Desde el punto de vista metodológico, anteriores estudios han utilizado diversos métodos estadísticos para analizar la sostenibilidad: análisis de componentes principales (Fernández Latorre, 2006; Bastianoni *et al.*, 2008; Chen *et al.*, 2008), cluster (Purnomo *et al.*, 2005; Bastianoni *et al.*, 2008), mapas y mosaicos colorimétricos para transmitir la información, de forma visual, a los usuarios (Fernández Latorre, 2006). También se ha ensayado la integración de diversos indicadores en índices sintéticos de protección ambiental, empleando métodos directos y ponderados (Siracusa *et al.*, 2004), y en índices de sostenibilidad de cuencas hidrográficas (Chaves y Alipaz, 2007).

Por último, cada vez son más los trabajos en los que se vincula el análisis de la sostenibilidad y sus indicadores con la participación pública de la población local (Purnomo *et al.*, 2005; Fraser *et al.*, 2006; Rosenström y Kyllönen, 2007).

### 2. Las Agendas Locales 21 y los indicadores de sostenibilidad

Las Agendas Locales 21 persiguen el desarrollo sostenible de los territorios, implicando a la población local en el diagnóstico territorial y en la toma de decisiones sobre la prioridad de las acciones que, de forma consensuada, componen los planes de acción.

Por otra parte, los indicadores de sostenibilidad son una herramienta que permite conocer en qué medida los territorios analizados han alcanzado la sostenibilidad o, en todo caso, cuál es la distancia que les separa de ella, ya sea de una forma global o multisectorial.

Una buena parte de los indicadores cuantitativos son cartográficos y pueden ser calculados mediante distintas funciones de análisis espacial con la ayuda de tecnologías de información geográfica. Por el contrario, la mayor parte de los indicadores cualitativos se basan en técnicas de investigación social, principalmente en encuestas realizadas a la población local. Los expertos consideran que es imprescindible conocer la opinión de la población local sobre múltiples aspectos (ambientales, sociales, económicos) para comprender, de forma completa, la dinámica de un territorio con todas sus complejidades. Es conveniente saber el grado de conocimiento que tiene la población local sobre su territorio, conocer cuál es su opinión sobre las carencias, cuáles sus demandas y prioridades, su nivel actual de satisfacción respecto a las actuaciones de la administración en materia de conservación de la naturaleza, respecto a los equipamientos disponibles y a los servicios recibidos, sus expectativas y sondear cuáles son las fortalezas y oportunidades que sus gentes piensan que pueden ser explotadas adecuadamente para plantear una futura estrategia de desarrollo. En el contexto de las Agendas Locales 21 se debe conocer cuál es el grado de satisfacción de los ciudadanos respecto a los servicios que presta la administración local y cuáles son sus hábitos en materia de transporte y movilidad. Para obtener información de esta naturaleza, la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) pretende realizar una macroencuesta cada 4 años.

Por otra parte, la encuesta de opinión de la población local es un instrumento estratégico para formular un diagnóstico cualitativo del territorio. El diagnóstico territorial integrado debe estar fundamentado en dos pilares: un diagnóstico cuantitativo, basado en datos objetivos, tanto estadísticos como cartográficos, que miden de forma cuantitativa la dimensión ambiental, económica y social a través de indicadores. El segundo pilar es el diagnóstico cualitativo, más sensitivo, subjetivo si se quiere, apoyado en la opinión de la población local. La información obtenida a través de esta fuente puede ratificar o matizar el diagnóstico técnico de carácter cuantitativo. Para obtener una visión cualitativa es posible recurrir a técnicas de investigación social tales como encuestas y entrevistas a líderes locales, a foros de discusión y a otros instrumentos que dinamizan la participación articulada y ciudadana, imprescindible en cualquier Agenda 21. El capítulo 28.3 del Programa 21 prevé este proceso de consulta y concertación con el propósito de que los gobiernos locales aprendan de la comunidad y obtengan información para formular mejores estrategias (Naciones Unidas, 1992).

## **II. OBJETIVOS**

El principal objetivo de este trabajo es definir un índice sintético o global de sostenibilidad, a nivel municipal, que integre las tres dimensiones de la misma: la dimensión económica, social y ambiental. Se pretende que este índice sea capaz de proporcionar una medida aproximada de la sostenibilidad en una escala armonizada de forma que los gestores del territorio y las autoridades y comunidades locales puedan saber qué distancia separa a cada municipio de la sostenibilidad global óptima y puedan establecer comparaciones entre ellos de cara a la toma de decisiones en materia de ordenación territorial y/o sectorial.

Un segundo objetivo es proponer una metodología operativa para calcular el índice integrado de sostenibilidad en el nivel de análisis más básico desde el punto de vista administrativo-territorial, el municipal. Asimismo, se proponen nuevos indicadores de sostenibilidad, relativos a las dimensiones económica, social y ambiental, complementarios de los incluidos en los sistemas de indicadores ya conocidos (autonómico, nacional y europeo).

Finalmente, se pretende representar gráficamente, en un diagrama de tres ejes, la situación de cada municipio en función de los valores de los tres índices que expresan las tres dimensiones de la sostenibilidad y que se integran en el índice sintético final. De esta manera, será posible realizar una clasificación de los municipios en función de sus características y, sobre todo, de su sostenibilidad, pudiendo diseñar planes de acción supra-municipales adecuados a cada tipología.

### III. ÁREA DE ESTUDIO

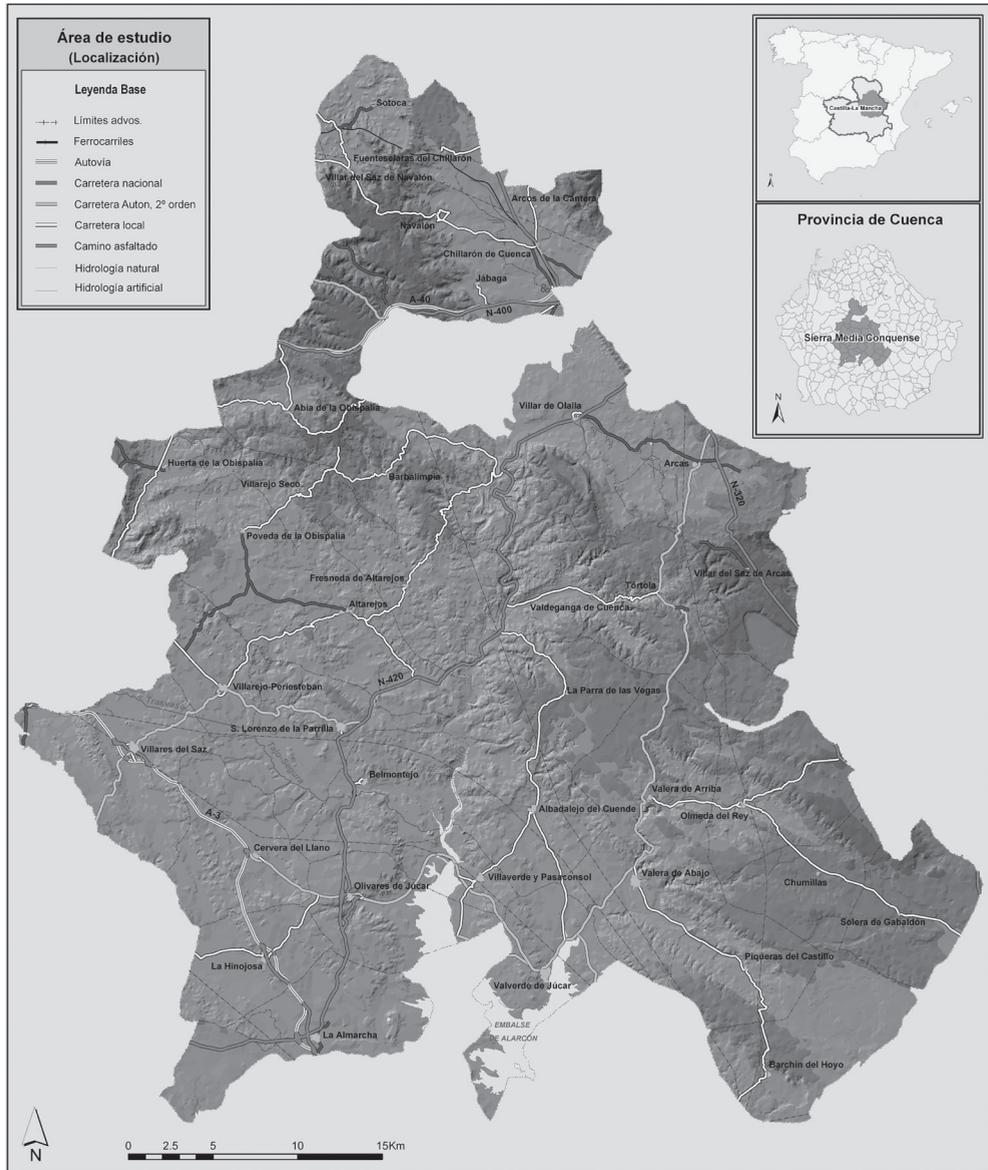
Dado que este trabajo tiene una orientación, fundamentalmente, metodológica, se ha elegido un área de estudio pequeña, a modo de ensayo, con la intención de extenderla a otros territorios rurales de baja densidad demográfica una vez que se haya calibrado y validado. Así pues, se ha seleccionado la comarca de la Sierra Media Conquense como un área representativa de las abundantes zonas de montaña media existentes en el interior peninsular.

Esta comarca natural ocupa una superficie de 1.797 Km<sup>2</sup>, repartida sobre el territorio de 28 municipios. Está situada en la zona central de la provincia de Cuenca, en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha (Figura 1). Este espacio geográfico está configurado por las serranías que se distribuyen por la zona centro de la provincia (sierras de Bascañana, del Bosque, del Monje, entre otras), adosadas a otras unidades fisiográficas vecinas como la Serranía de Cuenca o La Alcarria Conquense. Estas sierras se encuentran surcadas por los principales ríos, entre los que destaca el Júcar, que recorre la comarca de Norte a Sur, dando lugar al embalse de Alarcón. Asimismo, otros ríos (Gritos) han labrado profundas hoces y gargantas de gran valor natural, por lo que han sido protegidas mediante distintas figuras (Zonas de Especial Protección para las Aves, Lugares de Importancia Comunitaria).

Además de sus 28 capitales municipales, en la comarca hay otras 11 entidades de población lo que suma un total de 39 núcleos de población y más de una decena de urbanizaciones en las inmediaciones de Cuenca capital. Durante los últimos años se ha producido un proceso de fusión de entidades locales con objeto de poder proporcionar, con mayor eficiencia, los servicios, equipamientos e infraestructuras que demandan los ciudadanos. Sus 12.201 habitantes se distribuyen en una extensión de 1.797 Km<sup>2</sup>. La escasa densidad demográfica, cifrada en 7,15 hab./Km<sup>2</sup>, evidencia un elevado índice de despoblamiento. Asimismo, la comarca registra un preocupante índice de envejecimiento (36,52%) y una tasa media de crecimiento poblacional negativa de -2,22%, entre 1991 y 2001.

Algunos rasgos que caracterizan la comarca y que amenazan su sostenibilidad son los siguientes: despoblación y envejecimiento, preocupante índice de analfabetismo, importantes grupos en peligro de exclusión social, pérdida de suelo por erosión, pérdida o degradación de las masas vegetales como consecuencia de los incendios forestales, disminución de la calidad de las aguas superficiales a causa de vertidos directos de las aguas residuales a los ríos y arroyos y presencia de vertederos ilegales.

Figura 1  
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



Autor: PED

## IV. MATERIAL Y MÉTODOS

### 1. Material

En la fase de análisis y diagnóstico territorial de la Agenda 21 Comarcal se han utilizado ciento treinta y seis indicadores (tabla 1). Noventa y dos de ellos están incluidos en el sistema de indicadores de sostenibilidad diseñado por la Federación de Municipios y Provincias de Castilla-La Mancha (FMP-CLM, 2005). Este sistema recoge los indicadores comunes europeos, tanto los obligatorios como algunos de los voluntarios (Comisión Europea, 2000; CEA, 2001). A ellos, se han añadido cuarenta y cuatro indicadores de sostenibilidad complementarios, definidos por el grupo de trabajo que ha elaborado la Agenda 21 Comarcal de La Sierra Media Conquense (CSIC-SEDECUCE, 2007). Para su cálculo ha sido necesario manejar ciento setenta variables, tanto estructurales como ambientales, más otras cinco de índole general que se emplean frecuentemente. Entre éstas se encuentran la población total, según el último censo y padrón, y las superficies geográfica, forestal y agraria útil de cada municipio.

Tabla 1  
VARIABLES E INDICADORES MANEJADOS EN LA AGENDA 21 DE LA SIERRA MEDIA CONQUENSE

AGENDA 21 COMARCAL			
Indicadores	Estructurales	Ambientales	Total
FMP-CLM	73	19	92
CSIC	22	22	44
<b>Total</b>	<b>95</b>	<b>41</b>	<b>136</b>

Variables	Estructurales	Ambientales	Total
FMP-CLM	97	22	119
CSIC	27	24	51
<b>Total</b>	<b>124</b>	<b>46</b>	<b>170</b>

Elaboración propia

A pesar de este amplio número de indicadores y variables, este trabajo se basa en el cálculo de veintiocho indicadores compuestos de sostenibilidad, medidos a nivel municipal. Han sido seleccionados, por un grupo de expertos mediante consulta, por ser más significativos y relevantes. Sintetizan ciento treinta y siete variables que explotan diversas fuentes de información (tablas 2, 3 y 4).

### 2. Fuentes de información

La mayor parte de los indicadores seleccionados (96%) tienen una naturaleza estadística. Buena parte de los datos provienen del Instituto Nacional de Estadística y del Instituto de Estadística de Castilla-La Mancha. Se han empleado diversos censos. Entre ellos, destacan los Censos de Población y Viviendas con objeto de calcular la variación de la población y

Tabla 2  
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD SOCIAL

CÓDIGO	DIMENSIÓN	FUENTES	DESCRIPCIÓN
POB	Social	Censos de Población de 1991 y 2001 y Padrón Municipal de 2007	Índice que integra una tasa de crecimiento poblacional y los índices de envejecimiento y juventud
POB_EXCL	Social	Censos de Población y Viviendas de 2001 y Ayuntamientos	Porcentaje de población en riesgo de exclusión social por diversos motivos: estudios, mujeres solas con niños, mayores que viven solos, desempleados, residentes en edificios en mal estado, etc.
T_ASOC	Social	Padrón de 2007 y Ayuntamientos	Tasa de asociacionismo municipal
EQUIPA	Social	Encuesta de Infraestructuras y Equipamientos, 2000 (MAP-Diputación de Cuenca)	Índice que integra las dotaciones de equipamientos sanitarios, educativos, culturales, deportivos y de zonas verdes.
INFRAEST	Social	Encuesta de Infraestructuras y Equipamientos, 2000 (MAP-Diputación de Cuenca)	Índice que integra datos de infraestructuras urbanas: los índices de Calidad de la Pavimentación (ICP), de Extensión de la Pavimentación (IEP) y de Puntos de Alumbrado Público (IPAP).
COM ALIM	Social	Censo de Contribuyentes (Cámara de Comercio de Cuenca) y Padrón de 2007	Dotación de los comercios básicos de alimentación en relación al volumen de población.
ENT_FIN	Social	Instituto de Estadística de Castilla-La Mancha y Padrón de 2007	Dotación de entidades financieras en relación al volumen de población
LIN_AUTO	Social	Empresas de transporte de viajeros y Delegación de Cuenca (JCCM)	Número de líneas de autobús que tienen parada en cada municipio
CONT_PLA	Social	Consorcio de Residuos (Diputación de Cuenca)	Número de contenedores de plástico por cada 100 habitantes
CONT_PAP	Social	Consorcio de Residuos (Diputación de Cuenca)	Número de contenedores de papel por cada 100 habitantes
ACC_VIV	Social	Ayuntamientos	Porcentaje de viviendas de protección oficial (VPO) y de precio tasado (VPT) respecto al conjunto de viviendas construidas en los dos últimos años, incluyendo las libres.
PLAN_URB	Social	Encuesta de Infraestructuras y Equipamientos, 2000 (MAP-Diputación de Cuenca)	Existencia o no de un instrumento aprobado de planeamiento urbanístico.
NIV_MOT	Social	Instituto de Estadística de Castilla-La Mancha y Padrón de 2007	Número de turismo censados en cada municipio por cada 100 habitantes
CAL_SERV	Social	Encuesta CSIC-SEDECUCE, 2007	Grado de satisfacción global de los ciudadanos con la Comunidad Local respecto a 13 servicios básicos (RSU, limpieza viaria, agua —abastecimiento y alcantarillado—, suministros y servicios).
ISS	Social	14 indicadores anteriores	Índice de Sostenibilidad Social calculado mediante un promedio ponderado de los 14 indicadores anteriores que representan distintos aspectos de la dimensión social de la sostenibilidad.

Elaboración propia.

Tabla 3  
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA

CÓDIGO	DIMENSIÓN	FUENTES	DESCRIPCIÓN
TAG	Económica	Censo de Población de 2001, INE	Tasa de Actividad Global (porcentaje de personas activas residentes en cada municipio en relación con las potencialmente activas)
TOG	Económica	Censo de Población de 2001, INE	Tasa de Ocupación Global (porcentaje de ocupados residentes en cada municipio en relación con los potencialmente activos)
TPG	Económica	Censo de Población de 2001, INE	Tasa de Paro Global (porcentaje de parados residentes en cada municipio en relación con los potencialmente activos)
IEL	Económica	Instituto Nacional de la Seguridad Social y Padrón de 2007	Índice de Empleo Local (proporción de afiliados a la Seguridad Social respecto a la población total)
TAP	Económica	Registro de Actividades Económicas y Padrón de 2007	Tasa de Actividad Productiva (proporción de licencias de actividad en relación a la población).
VCIR	Económica	Catastro, 2004	Valor Catastral de Inmuebles Rústicos (valor promedio en /ha)
VCIU	Económica	Catastro, 2004	Valor Catastral de Inmuebles Urbanos (valor promedio en /inmueble urbano)
RAF	Económica	Ayuntamientos	Ratio de Autonomía Financiera, considerando ingresos y gastos.
ISE	Económica	8 indicadores anteriores	Índice de Sostenibilidad Económica calculado mediante un promedio ponderado de los 8 indicadores anteriores que representan distintos aspectos de la dimensión económica de la sostenibilidad.

Elaboración propia.

las características de las viviendas. El Padrón de 2007 facilita un dato básico, la población total municipal, que se emplea frecuentemente en los indicadores para relativizar los datos absolutos en función del número de habitantes y, de esta manera, poder comparar los indicadores entre los municipios estudiados y los de otras unidades administrativas de referencia. También han sido utilizados el Censo Agrario de 1999 y el Censo Ganadero de Castilla-La Mancha. Otros datos han sido facilitados por los Ayuntamientos, por el Consorcio de Residuos de la Diputación de Cuenca, por la Cámara de Comercio de Cuenca, por el Catastro o por las empresas de transporte público de viajeros.

Entre las encuestas, conviene destacar la Encuesta de Infraestructuras y Equipamientos Locales, que proporciona abundante información sobre los municipios de pequeño tamaño, y la encuesta elaborada por CSIC-SEDECUCE, que aporta una valiosa información sobre el grado de satisfacción de la población con las comunidades locales en materia de servicios básicos.

El 4% de los indicadores seleccionados son cartográficos y han sido calculados mediante diversas herramientas de análisis espacial, disponibles en un SIG. Se ha utilizado como base diferentes mapas temáticos. Algunos de ellos pertenecen a series de ámbito nacional, como

Tabla 4  
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

CÓDIGO	DIMENSIÓN	FUENTES	DESCRIPCIÓN
SUELO	Ambiental	Mapa de usos del suelo CSIC, Base Cartográfica 1:50.000 del Centro Geográfico del Ejército, Inventario Forestal Nacional (DGB), Mapa Forestal de España 1:50.000 (DGB), Censo de Producción Ecológica (JCCM), Censo Agrario de 1999, Base de Datos de incendios forestales (DGB) y Banco de Datos de la Biodiversidad (DGB).	Integra 14 indicadores relacionados con la ocupación del suelo (proporción de superficie forestal, de superficie forestal arbolada, de matorral) y su forma de gestión (proporción de monte público, índice de área repoblada, superficie de agricultura ecológica y explotaciones de ganadería ecológica), con los incendios forestales (número y su relación con la superficie forestal, índice de área quemada total y de área quemada forestal) y con los hábitats y espacios de la Red Natura 2000 (proporción de hábitats, Zonas de Especial Protección para las Aves y Lugares de Importancia Comunitaria).
AGUA	Ambiental	Encuesta de Infraestructuras y Equipamientos Locales, 2000 (MAP y Diputación de Cuenca).	Agrupar los valores de 3 indicadores relacionados con el consumo de agua (invierno y verano con población estacional), con las pérdidas de la red de distribución y con el índice de depuración de aguas residuales (IDAR).
ENERGÍA	Ambiental	Ayuntamientos, Registro de productores de energía de régimen especial y Padrón de 2007.	Integra 4 indicadores relacionados con el consumo del alumbrado público en relación con la población y con la superficie urbana, con el número de establecimientos públicos que utilizan energías renovables y con la superficie de paneles solares fotovoltaicos en cada municipio
AIRE	Ambiental	Ayuntamientos, empresas suministradoras de las diferentes fuentes de energía y Emission Inventory Guidebook. EMEP. CORINAIR.	Tan sólo considera 1 indicador relacionado con la estimación de emisiones de SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , CO PST y COVs.
RESIDUOS	Ambiental	Encuesta de Infraestructuras y Equipamientos Locales, 2000 (MAP y Diputación de Cuenca), Censo Ganadero de Castilla-La Mancha, Censo Agrario de 1999 y Padrón de 2007.	Integra 3 indicadores relacionados con la producción per cápita de Residuos Sólidos Urbanos, de residuos ganaderos y con la presencia o ausencia de vertederos incontrolados en cada municipio.
RUIDO	Ambiental	Ayuntamientos	Considera 1 indicador relacionado con el número de denuncias, tramitadas en materia de ruido, en relación a la población de cada municipio.
ISA	Ambiental	6 indicadores anteriores	Índice de Sostenibilidad Ambiental calculado mediante un promedio simple de los 6 indicadores anteriores que representan distintos aspectos de la dimensión ambiental de la sostenibilidad.

Elaboración propia.

el Mapa Forestal de España 1:50.000, el Inventario Forestal Nacional, el mapa de hábitats o la cartografía de los espacios de la Red Natura 2000 del Banco de Datos de la Biodiversidad. Otros, han sido elaborados por nuestro grupo de investigación, como el mapa de usos del suelo. También se ha utilizado la base de datos de incendios forestales de la Dirección Gene-

ral de Biodiversidad para calcular algunos indicadores relativos a la dimensión ambiental de la sostenibilidad.

### 3. Metodología

#### 1. Productos intermedios

Primeramente, se reseñarán los métodos empleados para generar productos intermedios que, a su vez, han sido empleados para calcular algunos indicadores integrados en el índice global de sostenibilidad.

El mapa de usos del suelo ha sido elaborado mediante análisis visual y digitalización en pantalla de una ortoimagen LANDSAT 7-ETM+, de agosto de 2002, con apoyo de ortofotografías aéreas pancromáticas del SIGPAC (0,5 m. de resolución espacial) y trabajo de campo. Se ha empleado una combinación de bandas del infrarrojo cercano y del rojo integradas con el canal pancromático, tras un remuestreo del tamaño de píxel a 15 metros. Se ha empleado una leyenda similar a la de CORINE-Land Cover (JRC-EEA, 2000; IGN, 2004), aunque desagregando algunas categorías, especialmente las forestales. La unidad mínima cartografiada se ha fijado en 1 ha. El mapa tiene una estructura vectorial. Este producto ha sido empleado para calcular los indicadores 25.1 y 25.3 (FMP-CLM, 2005), relativos a la proporción de superficie forestal y superficie ocupada por matorral respecto a la municipal, respectivamente. Asimismo, ha permitido calcular el índice de área repoblada y la superficie forestal arbolada.

La encuesta sobre el grado de satisfacción de la población con las comunidades locales ha sido el medio para recabar información fiable que permitiese calcular los indicadores 10.1 a 10.13 (FMP-CLM, 2005). Se trata de uno de los indicadores comunes europeos de carácter obligatorio (CE, 2000). En el contexto de las Agendas Locales 21 se debe conocer cuál es el grado de satisfacción de los ciudadanos respecto a los servicios que presta la administración local. Tal como se recomienda, se ha realizado una encuesta directa a una muestra representativa de la población residente, mayor de 20 años, respetando la distribución de la población en cuanto a sexo y edad, con un nivel de confianza del 95,5%, y margen de error del +/- 5%. El grado de satisfacción con los servicios públicos locales se ha calculado en base a la población que conoce dichos servicios, por lo que, de forma previa, se ha preguntado a los entrevistados si los conocen.

El cuestionario está articulado en 3 secciones y contiene 77 preguntas. Para fijar el tamaño de la muestra (n) se ha utilizado la fórmula para poblaciones finitas (<100.000 habitantes) considerando los siguientes factores (Sierra Bravo, 1991):

- La amplitud del universo (N): la población mayor de 20 años de la Sierra Media Conquense era de 10.286 habitantes, según el padrón de 2005, el último disponible cuando se inició la encuesta.
- El nivel de confianza: se ha fijado en el 95,5%, es decir  $2\sigma$ .
- El error de estimación (E): se ha fijado en el 5%.
- Los valores de p y q: se han establecido en un 50/50%.

$$n = \frac{4 * p * q * N}{E^2 * (N - 1) + p * q * 4}$$

Se ha sustituido cada término de la ecuación por su valor correspondiente

$$n = \frac{4 * 50 * 50 * 10.286}{5^2 * (10.286 - 1) + 50 * 50 * 4}$$

De acuerdo a esta fórmula para poblaciones finitas, el valor resultante para el tamaño de la muestra es:  $n = 385$ .

La muestra se escogió de forma aleatoria, sistemática y estratificada, en campo. Las encuestas se realizaron entre enero y junio de 2007, a residentes mayores de 20 años. No se pudieron realizar las 385 encuestas por varios motivos: en primer lugar, porque se aprovechó la misma entrevista para encuestar a los ciudadanos acerca del grado de satisfacción con los servicios prestados por la comunidad local y para conocer los hábitos de movilidad de la población local, de manera que largos cuestionarios no invitaban a contestar a los potenciales encuestados. En segundo lugar, porque la población local no tiene experiencia de participación ciudadana. Finalmente, porque los entrevistados consideran que este tipo de encuestas no tiene efectos positivos sobre la estrategia política local para resolver los problemas que se detectan a través de ellas. Así pues, en algunos municipios han participado por encima de lo que se esperaba mientras que en otros lo han hecho por debajo. Como resultado final, se hicieron 272 entrevistas con una distribución espacial proporcional a la población de cada municipio (figura 2). Este nuevo tamaño de la muestra, manteniendo fijos los parámetros anteriormente señalados, equivale a un error de estimación del 6%.

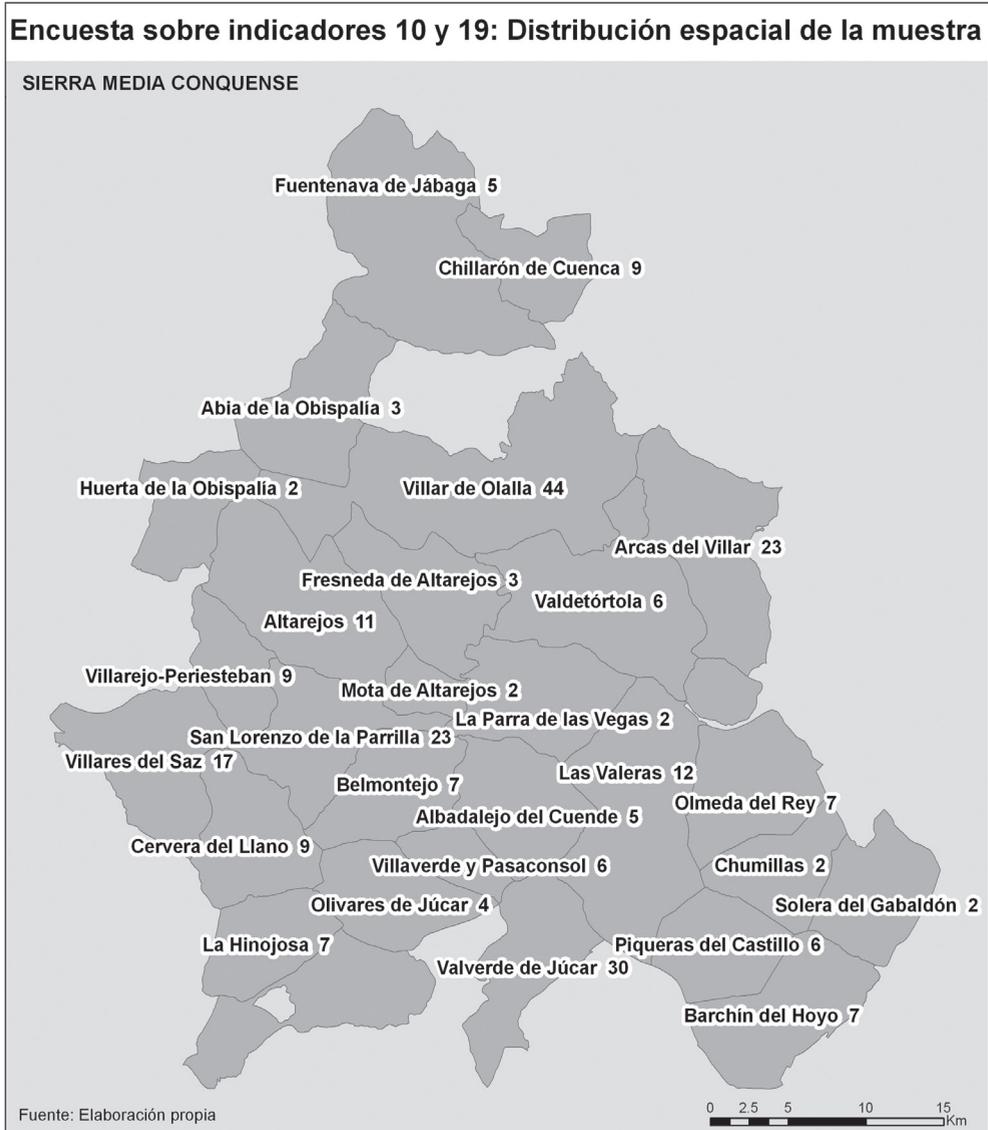
## *2. Cálculo de los índices, sectoriales y global, de sostenibilidad*

La forma de cálculo y los resultados de los indicadores simples que han servido para definir los 28 indicadores seleccionados, algunos de ellos compuestos, pueden consultarse, con más detalle, en CSIC-SEDECUCE (2007).

En este artículo se describirá el flujo de trabajo y los métodos empleados para calcular los índices de sostenibilidad social, económica y ambiental y el índice global de sostenibilidad que sintetiza los tres anteriores (figura 3).

La primera fase ha consistido en clasificar, temáticamente, los 28 indicadores seleccionados en una de las tres dimensiones de la sostenibilidad según su afinidad con cada una de ellas (ver 2ª columna de las tablas 2, 3 y 4).

Figura 2  
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA MUESTRA

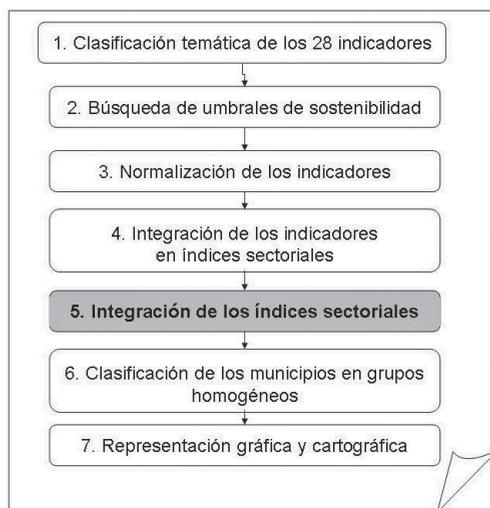


Autor: VGC

Seguidamente, se aborda una de las fases más comprometidas, la búsqueda de los umbrales de sostenibilidad para cada indicador seleccionado. Es sabido que algunos tienen definido, de forma clara, un umbral límite, por debajo o por encima del cual (dependiendo del sentido del indicador) los expertos consideran que se compromete la sostenibilidad. Por

ejemplo, existe un cierto consenso entre expertos y ecologistas en fijar el límite de sostenibilidad respecto al consumo de agua en 130 l/hab./día. En otros casos, no existe un umbral claro por lo que los promedios nacionales han servido de referencia. Según datos del Ministerio de Medio Ambiente, en 2004, en España cada habitante generaba una media de 1,4 Kg./hab./día de residuos sólidos urbanos, con una tendencia creciente respecto al año 2000. En otros muchos casos, no se puede hablar de un umbral o límite determinado. En ellos, se ha utilizado el propio indicador, de forma directa o inversa, según su naturaleza. Por ejemplo, el índice de Área Quemada Total (IAQT) expresa la proporción del área quemada total, afectada por los incendios forestales entre 1988 y 2003, respecto a la superficie de cada municipio. Los datos resultantes han sido invertidos, considerando que cuanto menor sea la superficie quemada mayor será la sostenibilidad ambiental del municipio.

Figura 3  
FLUJO DE TRABAJO



Autor: JMV

En la tercera fase, se ha procedido a normalizar los indicadores. Es sabido que cada uno de ellos tiene una escala y una unidad de medida diferente y los recorridos de las variables son distintos. Para armonizarlos, se ha utilizado una escala común, para todos ellos, que oscila entre 0 (menor sostenibilidad) y 100 (mayor sostenibilidad). Por ello, algunos índices, como el IAQT, han sido invertidos, restando de 100 sus valores originales.

En la cuarta etapa se han integrado los tres índices sectoriales de sostenibilidad a partir de los indicadores simples y compuestos de cada una de las dimensiones de la sostenibilidad (social, económica y ambiental). Se ha utilizado una sumatoria ponderada en cada caso. Para tratar de reducir la subjetividad, los pesos de cada indicador han sido asignados considerando tres criterios: en primer lugar, el juicio de los expertos de nuestro grupo de investigación y de los técnicos consultados de las administraciones locales y de la autonómica y estatal. En segundo lugar, se ha asignado más peso a algunos indicadores europeos comunes de

tipo obligatorio. Por último, se ha tenido en cuenta las prioridades y preocupaciones de la población local, expresadas en las diversas encuestas y entrevistas que se han realizado en el marco de la Agenda 21.

Las ecuaciones para el cálculo de los tres índices sectoriales de sostenibilidad han sido las siguientes<sup>2</sup>:

$$ISS = \frac{[2POB + 2POB\_EXCL + 0,2T\_ASOC + EQUIPA + INFRAEST + 0,2COM\_ALIM + 0,2ENT\_FIN + LIN\_AUTO + 0,2CONT\_PLA + 0,2ACC\_VIV + PLAN\_URB + NIV\_MOT + 3CAL\_SERV]}{13,2}$$

Donde ISS es el Índice de Sostenibilidad Social

$$ISE = \frac{[TAG + TOG + 2TPG + 0,3IEL + 0,2TAP + 0,5VCIR + 0,5VCIU + 1,5RAF]}{7}$$

Donde ISE es el Índice de Sostenibilidad Económica

$$ISA = \frac{[SUELO + AGUA + ENERGIA + AIRE + RESIDUOS + RUIDO]}{6}$$

Donde ISA es el Índice de Sostenibilidad Ambiental

En la quinta fase se ha procedido a integrar los tres índices sectoriales anteriormente propuestos en un superíndice que se ha denominado Índice Global de Sostenibilidad (IGS) mediante un promedio simple sin ponderar. La ecuación propuesta es la siguiente:

$$IGS = \frac{ISS + ISE + ISA}{3}$$

Donde IGS es el Índice Global de Sostenibilidad

Para estudiar la relación entre cada uno de los cuatro índices de sostenibilidad, antes propuestos, y sus indicadores de construcción respectivos, se han realizado regresiones lineales, por pasos hacia atrás, en las que, en cada caso, los primeros han sido considerados variables dependientes y los segundos, variables independientes. Para analizar la cohesión interna de los indicadores se ha recurrido al coeficiente Alpha de Cronbach. Se ha calculado una matriz de correlaciones para hacer un análisis relacional entre los indicadores que han compuesto cada índice y entre los tres índices sectoriales de sostenibilidad que integran el IGS.

<sup>2</sup> Puede consultarse el significado de las abreviaturas de los índices, tasas e indicadores en las tablas 2, 3 y 4. Se utilizan los divisores señalados para reescalar el cociente resultante entre el valor 0 (ausencia de sostenibilidad) y 100 (máxima sostenibilidad).

De forma alternativa, se ha ensayado un análisis factorial para extraer los componentes principales de cada uno de los índices sectoriales, utilizando la Normalización Varimax con Kaiser como método de rotación.

En la sexta fase, se ha realizado un análisis cluster con objeto de clasificar los municipios estudiados en grupos homogéneos en función de sus características sociales, económicas y ambientales.

En la séptima, y última, etapa, se ha procedido a representar gráficamente la ubicación de los casos estudiados (28 municipios) para comparar su posición relativa respecto a la sostenibilidad, tanto sectorial como global. Algunos trabajos (Nijkamp, 1990) han indicado, conceptualmente, la conveniencia de representar la sostenibilidad sobre un triángulo, figura que se acomoda bien a sus tres dimensiones, o sobre un prisma, si se considera la cuarta dimensión, la institucional (Spangenberg, 1998). Como es sabido, los diagramas triangulares se emplean para representar una cantidad constante dividida en tres elementos variables. Cada punto que se representa en el triángulo equilátero viene determinado por tres coordenadas. Sin embargo, el diagrama triangular tiene varios inconvenientes (Estébanez y Bradshaw, 1979: 75), entre los que se destaca la dificultad de medir los valores de los puntos, ya que los ejes no son ortogonales. Por otra parte, metodológicamente no es recomendable ni viable utilizar, en este caso, el diagrama triangular ya que los valores de la dimensión social, económica y ambiental no son complementarios entre sí, condición indispensable para utilizar los diagramas triangulares. Para evitar estos inconvenientes, se ha empleado un cubo como método alternativo para representar la sostenibilidad global de los municipios estudiados. Los valores de los índices ISA, ISE e ISS son representados, respectivamente, sobre los ejes x, y, z del cubo, convenientemente escalados en un rango de 0 a 100 desde el origen hacia los extremos.

El Índice Global de Sostenibilidad se ha representado en un mapa. A cada centroide de cada municipio —el núcleo principal o capital municipal— se le ha asignado el valor de IGS que le corresponde a su municipio. A partir de la nube de puntos se ha realizado una interpolación espacial para obtener un modelo ráster con un paso de malla de 20 m. La interpolación se puede definir como un procedimiento que permite calcular el valor de una variable en una posición del espacio (punto no muestral, con un valor estimado), conociendo los valores de esa variable en otras posiciones del espacio: puntos muestrales, con valores reales (Bosque, 1992: 375).

Se han utilizado varios métodos directos y analíticos. En concreto, se ha probado un método de interpolación directo, lineal, insesgado, exacto y local, basado en el sistema del vecino más próximo con una ponderación inversa a la distancia. También, se han ensayado otros métodos geoestadísticos, de naturaleza topoprobabilística, concebidos para analizar variables regionalizadas que tienen una distribución espacial y, por tanto, una correlación o variabilidad espacial. Estos métodos analíticos, son exactos y locales y se han basado en *kriging* simple y ordinario y *cokriging*. Estos procedimientos han sido probados, previamente, en diversos modelos relacionados con las elevaciones del terreno (Bosque, 1992), la piezometría de los acuíferos subterráneos (Chica-Olmo y Luque, 2002), la calidad del agua (Chica-Olmo *et al.*, 2004a), la calidad del aire o la distribución espacial de la fauna (Siabato y Yudego, 2004) y la calidad de la vivienda en zonificación urbana (Chica-Olmo *et al.*, 2004b). A partir de la capa geoestadística, generada para almacenar los valores de

IGS, se han extraído las isolíneas más significativas de igual sostenibilidad global. Para su representación cartográfica se ha optado por rellenar, con una gama de grises, los espacios intermedios entre isolíneas, a modo de intervalos, sobre los que se ha dibujado la variable con efecto de sombreado.

Para llegar a una aproximación de evaluación del error del modelo interpolado de sostenibilidad global se ha probado a generar el modelo mediante el sistema de *kriging* simple con un 80% de las observaciones, reservando un 20% de los casos para la validación del modelo. Más tarde, se han comparado los valores observados y los estimados en esos seis puntos o municipios que suponen el 20% del total de casos.

## V. RESULTADOS

El modelo de regresión entre el índice ISA y sus indicadores de construcción ha excluido los factores aire y ruido como consecuencia de que éstos no registran variación de las variables. Los coeficientes no estandarizados (1/6) revelan que el peso de cada una de las variables predictoras es el mismo. El valor del coeficiente alpha de Cronbach (-0.057), empleado para estudiar la cohesión interna de los factores que integran el índice ISA, indica que éstos tienen muy poca correlación entre ellos, como se constata en la matriz de correlaciones. Esto puede ser debido a que este coeficiente depende del número de ítems que entran en el análisis (Terwee *et al.*, 2007). El Análisis de Componentes Principales reduce los cuatro indicadores a dos componentes: el primero está relacionado con los factores agua y suelo y el segundo con la energía y los residuos.

A pesar de estos análisis estadísticos, no se han tenido en cuenta sus resultados porque, en el caso del índice ISA, de los seis indicadores tan sólo ha seleccionado cuatro factores, el suelo, el agua, la energía y los residuos, ignorando los relativos al aire y ruido. Es verdad que estos dos últimos componentes no registran variación de la variable en nuestra zona piloto pero, en nuestra opinión, son significativos porque todos los municipios alcanzan los máximos valores (100%), ya que la calidad del aire es excelente al no existir industrias, grandes ciudades u otras fuentes de contaminación atmosférica ni existen fuentes apreciables de ruido. Así pues, está claro que, mediante el método de la sumatoria ponderada, estos dos factores contribuyen a elevar la sostenibilidad ambiental, en su conjunto, mientras que los resultados obtenidos mediante el método de componentes principales, en el que no se tienen en cuenta aquéllos, son más bajos. Por otra parte, al tratarse de una propuesta metodológica, aplicable a otros entornos geográficos, es preferible mantener los componentes aire y ruido ya que podrían sufrir variaciones significativas en otras zonas, especialmente en la interfaz urbano-rural. Podría decirse que, en cierta medida, el índice ISA, teniendo en cuenta los componentes principales extraídos, infraestima la realidad.

Así pues, cada índice sectorial de sostenibilidad está asociado a una matriz iconográfica en la que se muestran los municipios, en filas, y los resultados de los indicadores, simples o compuestos, que han construido el índice, en columnas. En las celdas de la matriz se representan los valores, absolutos o relativos, que adopta cada indicador en cada municipio. A cada celda se le asigna un nivel de gris en función de la distancia del valor del indicador, medida en desviaciones típicas, al umbral de sostenibilidad consi-

derado<sup>3</sup>. Cuando no existe un umbral de referencia, se ha utilizado la media nacional o la media comarcal. Este tipo de matrices ya ha sido empleada en anteriores trabajos (CSIC-SEDECUCE, 2007; Franchini y Dal Cin, 2000; Franchini *et al.*, 2004; Martínez Vega *et al.*, 2005). Tiene la ventaja de ser muy expresiva. Los alcaldes y gestores de cada municipio leen horizontalmente la tabla identificando, rápida y visualmente, las debilidades (en rojo) y fortalezas (en verdes) de sus territorios en materia ambiental, económica y social.

En la tabla 5 se muestra un ejemplo de una matriz iconográfica. Los factores aire y ruido no tienen variación de la variable pero, como se ha expuesto más arriba, han permanecido porque sus valores máximos son expresivos de una calidad atmosférica excelente y de la inexistencia de contaminación acústica, aspectos que contribuyen, de forma indiscutible, a la sostenibilidad ambiental.

Respecto a los residuos, aunque con variaciones apreciables, todos los municipios están por encima del 50%. La producción de residuos sólidos urbanos es bastante inferior a la media nacional y, con excepciones, la de residuos ganaderos no es preocupante. Tan sólo, la presencia de vertederos incontrolados contribuye a reducir, en algunos municipios, el

Tabla 5  
MATRIZ DE LOS INDICADORES AMBIENTALES Y DEL ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

Geocódigo INE	Municipio	SUELO	AGUA	ENERGÍA	AIRE	RESIDUOS	RUIDO	ISA
16.001	Abia de la Obispalía	67,26	60,74	s d	100,00	80,96	s d	77,24
16.004	Albaledejo del Cuende	29,20	50,80	46,88	100,00	85,83	100,00	68,78
16.015	Almarcha (La)	51,70	41,09	0,00	100,00	89,33	100,00	63,69
16.019	Altarejos	49,71	51,56	40,55	100,00	58,95	100,00	66,80
16.023	Chillarón de Cuenca	55,13	54,10	46,95	100,00	63,07	100,00	69,87
16.029	Barchín del Hoyo	70,48	49,32	s d	100,00	82,30	s d	75,53
16.034	Belmontejo	51,26	45,21	s d	100,00	62,37	s d	64,71
16.073	Cervera del Llano	43,71	46,60	29,10	100,00	61,00	100,00	63,40
16.081	Chumillas	68,65	55,47	47,94	100,00	79,67	100,00	75,29
16.083	Fresneda de Altarejos	66,88	58,44	s d	100,00	74,86	s d	75,05
16.099	Hinojosa (La)	45,39	52,58	0,11	100,00	62,70	100,00	60,13
16.110	Huerta de la Obispalía	56,77	43,14	0,00	100,00	62,69	100,00	60,43
16.132	Mota de Altarejos	53,56	56,53	s d	100,00	59,88	s d	67,49
16.139	Olivares de Júcar	47,06	50,19	28,23	100,00	58,20	100,00	63,95
16.141	Olmeda del Rey	72,46	51,68	47,55	100,00	60,31	100,00	72,00
16.152	Parra de las Vegas (La)	71,21	53,48	s d	100,00	55,70	s d	70,10
16.161	Piqueras del Castillo	70,28	51,25	s d	100,00	81,66	s d	75,80
16.191	San Lorenzo de la Parrilla	50,16	45,30	45,07	100,00	89,27	100,00	71,63
16.199	Solera de Gabaldón	75,97	58,52	0,00	100,00	80,76	100,00	69,21
16.236	Valverde de Júcar	50,12	52,01	s d	100,00	59,96	s d	65,52
16.263	Villar de Olalla	62,85	56,73	0,00	100,00	64,83	100,00	64,07
16.266	Villarejo-Periasteban	50,52	51,69	48,99	100,00	88,66	100,00	73,31
16.269	Villares del Saz	49,40	47,76	38,95	100,00	88,24	100,00	70,72
16.273	Villaverde y Pasaconsol	39,07	51,84	48,02	100,00	87,90	100,00	71,14
16.902	Valdetórtola	75,67	51,86	s d	100,00	74,92	s d	75,61
16.903	Valeras (Las)	73,19	51,01	33,05	100,00	64,15	100,00	70,23
16.904	Fuenteuva de Jábaqa	63,65	61,93	0,00	100,00	68,84	100,00	65,74
16.905	Arcas del Villar	66,02	63,08	49,47	100,00	68,93	100,00	74,58

Fuentes varias: consúltese la tabla 4.

Elaboración propia

3 En este artículo se ha representado la matriz en niveles de gris. Habitualmente, se representan los intervalos en la siguiente gama de color, de menor a mayor sostenibilidad: rojo, naranja, amarillo, verde claro, verde medio, verde oscuro.

valor de este indicador compuesto. El vector ambiental agua registra valores medios como consecuencia de varios factores: por un lado, las pérdidas detectadas en la red de distribución oscilan entre un 5 y un 30%. Por otro lado, el consumo de agua es bastante superior al umbral de sostenibilidad antes mencionado, a pesar de haber diferenciado entre los consumos de invierno y verano y de contabilizar, adicionalmente, a la población estacional. Por último, el índice de aguas residuales depuradas (IDAR) es muy bajo en la mayor parte de los casos, a pesar de que es un problema ambiental, preocupante para la población local, que está en vías de solución. Respecto al vector suelo, el 75% de los casos posee valores comprendidos entre los percentiles 50 y 75. Los que mayores valores registran conservan amplias superficies forestales y montes públicos, escasos incendios forestales que han afectado a reducidas áreas quemadas y buena parte de su territorio está catalogado como hábitats de importancia comunitaria o pertenece a alguna figura de protección de la Red Natura 2000. Una debilidad general de la comarca es la inexistente implantación de los sistemas productivos ecológicos en la agricultura y ganadería.

Respecto a la encuesta sobre el grado de satisfacción de la población con las comunidades locales en relación a la calidad de los servicios recibidos, puede decirse que, de forma global, los ciudadanos se encuentran razonablemente satisfechos. La mitad de los municipios analizados se encuentran en el cuartil superior de satisfacción, entre el 75 y 100%. En el extremo contrario, tan sólo 2 municipios (Huerta de la Obispalía y Solera de Gabaldón) poseen valoraciones inferiores al 50%. La limpieza viaria, el transporte interurbano y los servicios sanitarios y educativos son los aspectos peor valorados por los encuestados en estos municipios. Así pues, los gestores deben hacer un esfuerzo importante por mejorar estos servicios y, de esta manera, incrementar su sostenibilidad social. A nivel comarcal, los servicios mejor valorados son el suministro eléctrico, el abastecimiento de agua y el alcantarillado que reciben una nota media superior a 8, en una escala de 1 (menor) a 10 (mayor satisfacción). Los peor valorados son los servicios educativos de secundaria, los servicios de empleo y el transporte público interurbano.

En la tabla 6 se muestran los valores de los índices ISS, ISE, ISA e IGS. Como puede apreciarse, los valores mínimos y máximos del segundo y tercero son relativamente parecidos. Sin embargo, ISS tiene un recorrido a lo largo de valores más bajos que los de los restantes índices. ISS oscila entre 36,86, en el caso de Albadalejo del Cuende, y 65,76, que registra Chillarón de Cuenca. Este dato es muy significativo. A pesar de que los aspectos ambientales pueden considerarse una de las fortalezas de esta zona, los aspectos sociales son, claramente, una de las debilidades más manifiestas. Los municipios con valores más bajos de ISS tienen problemas estructurales de población (índices de decrecimiento preocupantes, envejecimiento, población en riesgo de exclusión social), dotaciones per cápita muy escasas de equipamientos, insuficientes servicios de transporte público de viajeros, lo que dificulta la movilidad de la población y la conectividad funcional entre núcleos y motiva un escaso o medio grado de satisfacción global de los usuarios por los servicios prestados por las comunidades locales.

Los municipios con valores más bajos de ISA (La Hinojosa, Cervera del Llano o La Almarcha, por ejemplo) tienen carencias en materia de suelo, agua y energía, principalmente. Su superficie forestal es muy reducida, al igual que el índice de área repoblada y los hábitats y espacios protegidos apenas tienen presencia. Por otra parte, registran preocupantes pérdi-

das de agua en la red de abastecimiento, su consumo de agua per cápita es superior a la media y al límite recomendado por las organizaciones ecologistas y apenas se tratan las aguas residuales. Por último, el uso de las energías renovables en ellos es nulo o marginal.

En cuanto a la estructura de los indicadores sectoriales integrados en el superíndice sintético de sostenibilidad global (IGS) puede decirse que están muy poco correlacionados entre sí. El índice de correlación de Pearson es próximo a 0 en todos los casos (tabla 7). Además, los índices ISA e ISE están correlacionados inversamente.

Como resultado del cluster jerárquico sobre los tres índices sectoriales estandarizados, se han obtenido cinco grupos de municipios al nivel de cinco iteraciones (ver tabla 6, columna derecha y tabla 8).

Tabla 6  
VALORACIÓN DE LOS ÍNDICES SECTORIALES Y GLOBAL DE SOSTENIBILIDAD, ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS Y AGRUPACIÓN DE MUNICIPIOS

Geocódigo INE	Municipio	ISS	ISE	ISA	IGS	Grupo
16.001	Abia de la Obispalía	52,29	66,81	77,24	65,45	1
16.004	Albaladejo del Cuende	36,86	62,15	68,78	55,93	2
16.015	Almarcha (La)	55,79	68,52	63,69	62,66	3
16.019	Altarejos	57,79	60,70	66,80	61,76	4
16.023	Chillarón de Cuenca	65,76	73,22	69,87	69,62	5
16.029	Barchín del Hoyo	54,80	64,23	75,53	64,85	1
16.034	Belmontejo	63,80	60,71	64,71	63,07	4
16.073	Cervera del Llano	59,22	69,51	63,40	64,04	3
16.081	Chumillas	57,48	66,97	75,29	66,58	1
16.083	Fresneda de Altarejos	56,20	58,82	75,05	63,36	4
16.099	Hinojosa (La)	53,35	64,40	60,13	59,29	3
16.110	Huerta de la Obispalía	45,58	65,17	60,43	57,06	3
16.132	Mota de Altarejos	49,95	61,82	67,49	59,75	1
16.139	Olivares de Júcar	60,29	69,31	63,95	64,52	3
16.141	Olmeda del Rey	56,58	57,41	72,00	62,00	4
16.152	Parra de las Vegas (La)	52,16	60,95	70,10	61,07	1
16.161	Piqueras del Castillo	62,23	64,83	75,80	67,62	1
16.191	San Lorenzo de la Parrilla	60,95	58,39	71,63	63,66	4
16.199	Solera de Gabaldón	46,53	69,18	69,21	61,64	1
16.236	Valverde de Júcar	55,71	66,94	65,52	62,72	3
16.263	Villar de Olalla	60,75	56,46	64,07	60,43	4
16.266	Villarejo-Periesteban	49,91	63,36	73,31	62,19	1
16.269	Villares del Saz	51,35	68,29	70,72	63,45	1
16.273	Villaverde y Pasaconsol	57,69	58,38	71,14	62,40	4
16.902	Valdetórtola	59,35	64,30	75,61	66,42	1
16.903	Valeras (Las)	53,30	62,98	70,23	62,17	1
16.904	Fuentejava de Jábaga	52,13	67,05	65,74	61,64	3
16.905	Arcas del Villar	56,13	74,14	74,58	68,28	5
	Mínimo	36,86	56,46	60,13	55,93	
	Máximo	65,76	74,14	77,24	69,62	
	Media	55,14	64,46	69,36	62,99	
	Desviación típica	6,05	4,61	4,94	3,10	
	Número de casos	28	28	28	28	

Elaboración propia

Tabla 7  
 ÍNDICES DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE LOS ÍNDICES SECTORIALES DE SOSTENIBILIDAD

	ISA	ISS	ISE
ISA	1	0,086	-0,031
ISS	0,086	1	0,006
ISE	-0,031	0,006	1

Elaboración propia

Tabla 8  
 VALORES MEDIOS DE LOS ÍNDICES SECTORIALES DE SOSTENIBILIDAD EN CADA GRUPO DE MUNICIPIOS

	GRUPOS DE MUNICIPIOS (CLUSTER JERÁRQUICO)				
	1	2	3	4	5
	Media	Media	Media	Media	Media
ISA	73	69	63	69	72
ISE	65	62	67	59	74
ISS	54	37	55	59	61
Nº CASOS	11	1	7	7	2

Elaboración propia

Adicionalmente, los municipios han sido representados gráficamente en un cubo (figura 4). Los dos municipios del grupo 5 (Chillarón de Cuenca y Arcas del Villar) son los más sostenibles, en su conjunto. Poseen valores de IGS próximos a 70. Aunque no son los municipios de la comarca que poseen mayores valores de sostenibilidad ambiental, sin embargo poseen un medio ambiente con buenas cualidades y alto valor y, de forma complementaria, registran la media de ISE más alta, con diferencia respecto al resto de grupos, y la media de ISS más elevada también. Se trata de municipios próximos a la capital de Cuenca que, además de aprovechar sus ventajas de localización, han sabido conservar su medio ambiente. Este grupo de pueblos se ubican en la parte superior trasera derecha del cubo, como cabría esperar. No obstante, los recientes cambios de uso del suelo, incrementando la superficie construida a costa de espacios naturales, probablemente repercutirán en una reducción del ISA, en las próximas actualizaciones de los indicadores.

En el extremo contrario, se encuentra el grupo 2, formado por un solo municipio, Albadalejo del Cuende. Se trata del pueblo menos sostenible de la comarca. Registra un valor de IGS inferior a 56. Se ubica en la parte delantera, inferior y centro-izquierda del cubo. A pesar de que registra un valor sostenibilidad ambiental aceptable, similar o superior al de otros grupos, sin embargo su sostenibilidad económica es inferior a la de la mayoría de los grupos y, claramente, su sostenibilidad social es la más baja de toda la comarca (ISS = 37), con una diferencia sustancial.

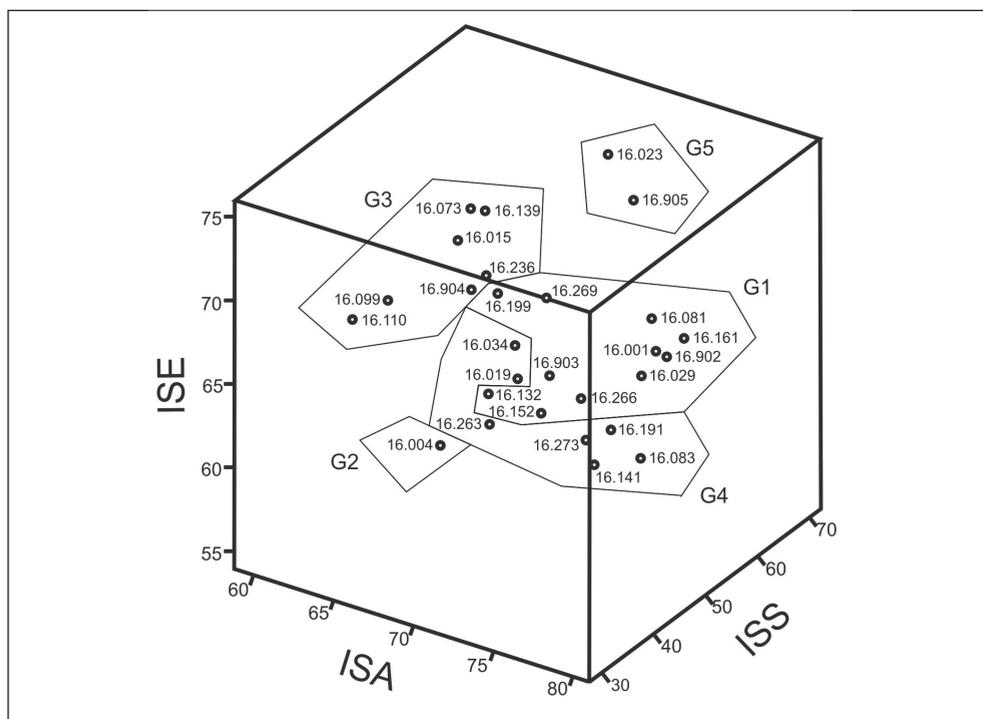
El grupo 3 lo conforman siete municipios. Se ubican en la parte superior y centro-izquierda del cubo. Se localizan en las proximidades de los ejes de la A3 Madrid-Valencia y de la A40 Tarancón-Cuenca. Se trata de un grupo que registra cifras medias de sostenibilidad

global y de sostenibilidad social y económica. Es reseñable que su sostenibilidad ambiental media es la más baja de toda la comarca. Se trata de zonas en las que predominan los cultivos y en las que las masas forestales son escasas.

El grupo 4 está constituido por otros siete municipios. Se posicionan en la parte delantera, inferior, centro-derecha del cubo. Poseen valores medios de sostenibilidad ambiental y social pero lo más reseñable es su inferior sostenibilidad económica, en comparación con los registros del conjunto de la comarca.

Por último, el grupo 1 es el más numeroso. Está compuesto por once municipios, casi el 40% de todos los de la comarca. Se ubican en la parte delantera y centro-derecha del cubo como consecuencia de su media-baja sostenibilidad social y media sostenibilidad económica. Por el contrario, registran la mayor sostenibilidad ambiental de la comarca, con valores medios de ISA de 73. Con algunas excepciones, son municipios con amplias superficies forestales.

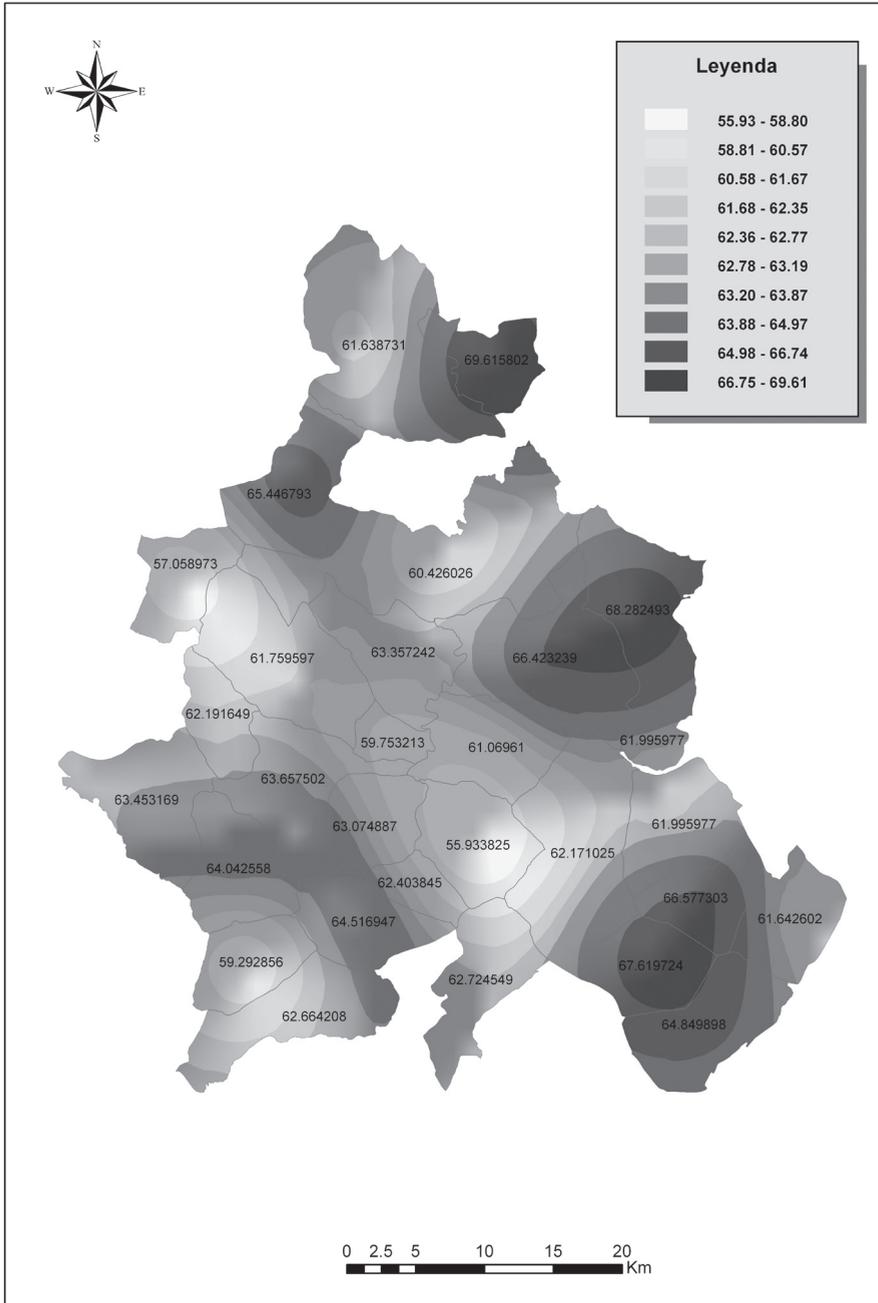
Figura 4  
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS MUNICIPIOS EN FUNCIÓN DE SU ÍNDICE GLOBAL DE SOSTENIBILIDAD<sup>4</sup>



Autor: JMV

<sup>4</sup> Los números que aparecen en el interior de la figura se corresponden con los geocódigos de los municipios estudiados.

Figura 5  
MODELO DE SOSTENIBILIDAD GLOBAL MEDIANTE KRIGING SIMPLE



Autor: VGC

En cuanto a los métodos de interpolación empleados, se han rechazado aquellos que son inexactos y los que no permiten investigar la autocorrelación de los datos. Entre los métodos exactos, que mantienen los valores originales de los datos muestrales, se han seleccionado los dos métodos que, según la literatura, ofrecen mejores resultados: el que pondera los datos aplicando un peso inverso a la distancia (Siabato y Yudego, 2004), y el *kriging* (Bosque Sendra 1992; Chica-Olmo, *et al.*, 2004a, 2004b), en este caso, simple.

En la figura 5 se representa la predicción de la sostenibilidad global de la comarca estudiada, calculada mediante *kriging* simple. Como puede observarse, las zonas más sostenibles se sitúan en el tercio oriental de la comarca, a lo largo del eje que va desde Chillarón de Cuenca, al NE, hasta Piqueras del Castillo, en el SE. Hay otras dos franjas, situadas al SW y al NW, que registran valores altos de sostenibilidad global. Por el contrario, la zona central es la que posee valores más bajos.

En la tabla 9 se muestra que el error promedio de la predicción de la sostenibilidad, obtenida mediante el método de *kriging* simple con el 80% de los casos, es de -0,84%, diferencia entre los valores observados y estimados por el modelo. El error máximo es de -3,70%. En términos generales, puede decirse que el modelo infraestima, ligeramente, el índice global de sostenibilidad, aunque hay algunos casos en los que sobreestima.

Tabla 9  
DIFERENCIAS ENTRE LOS VALORES OBSERVADOS Y ESTIMADOS EN EL 20% DE LOS CASOS Y DETERMINACIÓN DEL ERROR

Geocódigo	Municipio	IGS observado	IGS predicho	Error (%)
16001	Abia de la Obispalía	65,45	62,79	-2,66
16019	Altarejos	61,76	62,76	1,00
16029	Barchín del Hoyo	64,85	62,94	-1,91
16081	Chumillas	66,58	62,88	-3,70
16152	Parra de las Vegas, Las	61,07	62,67	1,60
16266	Villarejo-Periesteban	62,19	62,82	0,63
			promedio	-0,84

Elaboración propia

## VI. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 1. Discusión

Habitualmente, los sistemas de indicadores de sostenibilidad sólo permiten descender, en su capacidad de análisis, hasta la escala municipal, debido a que las unidades básicas territoriales de referencia de los indicadores son los municipios. Este nivel de análisis puede ser suficiente cuando se analizan grandes espacios de ámbito nacional o regional pero, a nuestro juicio, es insuficiente cuando se estudian comarcas, a nivel local, ya que la información que proporciona está muy agregada territorialmente, especialmente si se trata de municipios de grandes dimensiones que contienen zonas socioeconómicas o ecosistemas diferenciados dentro de sus límites administrativos. Mediante los SIG, es posible emplear procedimientos de espacialización más avanzados (técnicas de análisis espacial, métodos de interpolación

basados en la Geoestadística, etc.) para determinados indicadores de naturaleza biofísica e, incluso, para algunos de los socioeconómicos.

En este nivel, puede emplearse una unidad básica de información más pequeña que el municipio; por ejemplo, un distrito, barrio o una cuadrícula de 1 km<sup>2</sup>.

Los porcentajes de superficie forestal, de zonas repobladas, de superficie artificial o de espacios con protección natural, calculados en relación a la superficie total municipal, son índices frecuentemente empleados en los sistemas estandarizados de indicadores de sostenibilidad. Sin embargo, si se conoce la ubicación precisa de las masas forestales, de las zonas artificiales o de las zonas protegidas y se relacionan sus proporciones respecto a la superficie de una cuadrícula de referencia, podría afinarse en la espacialización de estos indicadores, de sus derivados y de los índices sectoriales y global de sostenibilidad, pudiéndose proponer acciones diferenciadas en el territorio a un nivel infra-municipal. En otros casos, la información socioeconómica no está disponible a un nivel de detalle inferior al municipio por lo que no es posible aplicar otros procedimientos de cálculo de la sostenibilidad. En estas ocasiones, se propone, como alternativa, espacializar el índice global de sostenibilidad mediante métodos geoestadísticos que marcan gradientes en el espacio, de forma continua.

Otra dificultad importante es establecer umbrales de sostenibilidad, aceptados por todos los colectivos, para cada indicador. Todos los sistemas especifican las fuentes y formas de cálculo de los indicadores pero, frecuentemente, no señalan los umbrales que marcan la diferencia entre la sostenibilidad y la insostenibilidad. Bien es verdad que lo importante es observar las tendencias del indicador a lo largo de una serie temporal pero, en nuestra opinión, sería muy conveniente conocer las «líneas rojas» que no deberían sobrepasarse en cada vector ambiental o en cada aspecto socioeconómico evaluado. Este aspecto es de tal importancia que algunas instituciones de referencia en este campo, como el Observatorio de la Sostenibilidad en España, están trabajando sobre él.

Desde el punto de vista estadístico, es necesario incrementar el número de casos para hacer análisis estadísticos más robustos. En próximas investigaciones se pretende extender esta metodología al conjunto de la provincia de Cuenca, que cuenta con 238 municipios.

Respecto a los métodos de interpolación espacial, existe cierta discusión, en la literatura especializada, acerca de la bondad de los métodos directos (Siabato y Yudego, 2004) frente a los analíticos (Bosque, 1992; Chica y Luque, 2002). En este trabajo, los resultados obtenidos, mediante interpolación con ponderación inversa a la distancia y *kriging*, difieren ligeramente. En resumen, es necesario realizar una investigación más exhaustiva sobre la utilidad de cada método, probando a introducir mayor número de casos y validando los resultados de una forma más consistente.

## 2. Conclusiones

Los resultados muestran que los municipios de la zona de estudio tienen una sostenibilidad media-alta que traduce, en la mayor parte de los casos, fortalezas en la dimensión ambiental y debilidades estructurales en las dimensiones económica y, especialmente, social.

Los Sistemas de Información Geográfica han demostrado, una vez más, su gran utilidad para procesar grandes volúmenes de información, para generar nueva información geográfica

y convertirla en indicadores y para geo-referenciar todos aquellos datos susceptibles de ser espacializados, entre ellos la sostenibilidad.

Por otra parte, las encuestas a la población local proporcionan una información de gran interés, especialmente para conocer su opinión sobre los servicios prestados por las administraciones locales y sobre su calidad. Éste es un indicador de sostenibilidad relevante, cuya información sólo puede ser conocida mediante encuesta.

El índice sintético de sostenibilidad, propuesto en este trabajo, integra gran volumen de información en un único valor fácilmente comprensible por la población local y por las autoridades.

El análisis cluster permite agrupar a los municipios según sus características de sostenibilidad y posibilita un tratamiento diferenciado para abordar los problemas sociales, económicos y ambientales.

Por último, la representación gráfica y cartográfica de la sostenibilidad es muy ilustrativa ya que muestra la posición relativa de cada municipio respecto al conjunto y expresa gradientes territoriales de sostenibilidad.

## VII. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Unidad de Estadística del Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC), su apoyo y orientaciones sobre el tratamiento estadístico de los datos y la construcción de los índices y a la Unidad de Edición Digital y Diseño Gráfico, por la preparación y edición de algunas figuras. Asimismo, agradecemos la participación de la población local a través de la encuesta. La información aportada es muy útil para el objetivo de la investigación.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- AEMA (2004): *Señales ambientales 2002: informe periódico basado en indicadores*. Madrid. Agencia Europea de Medio Ambiente-Ministerio de Medio Ambiente.
- BASTIANONI, S., PULSELLI, F.M., FOCARDI, S. TIEZZI, E.B.P. y GRAMATICA, P. (2008): «Correlations and complementarities in data and methods through Principal Components Analysis (PCA) applied to the results of the SPIn-Eco Project». *Journal of Environmental Management*, 86, 419-426.
- BOSQUE, J. (1992): *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid. Rialp. 451 pp.
- CEA (2001): *Hacia un perfil de la sostenibilidad local. Indicadores comunes europeos. Informe técnico*. Vitoria-Gasteiz. Centro de Estudios Ambientales, 33 pp.
- CHAVES, H.M.L. y ALIPAZ, S (2007): «An integrated indicator based on Basin Hydrology, Environment, Life and Policy: the Watershed Sustainability Index». *Journal of Water Resources Planning and Management*, 21, 883-895.
- CHEN, Y.K., CHEN, C.Y. y HSIEH, T.F. (2008): «Establishment and applied research on environmental sustainability assessment indicators in Taiwan». *Environmental Monitoring and Assessment*, DOI 10.1007/s10661-008-0443-y.
- CHICA-OLMO, M. y LUQUE, J.A. (2002): «Interpolación espacial en la creación de cubiertas temáticas en SIG» en *Los Sistemas de Información Geográfica en la gestión de los riesgos geológicos y el Medio Ambiente* (Lain, L. ed.). Madrid, IGME, 181-198.

- CHICA-OLMO, M. GARCÍA-SOLDADO, M.J., CARPINTERO-SALVO, I. y LUQUE, J.A. (2004a): «Aplicación del krigeaje de indicatrices al análisis de cambios en la calidad del agua subterránea» en *Territorio y Medio Ambiente. Métodos cuantitativos y técnicas de información geográfica* (Conesa, C. y Martínez Guevara, J.B., eds.). Murcia, Universidad de Murcia-AGE, 191-199.
- CHICA-OLMO, J., CANO, R., HERMOSO, J.A. y CHICA-OLMO, M. (2004b): «Aproximación geoestadística para la zonificación de un espacio urbano. Creación de una cubierta para un SIG» en *Territorio y Medio Ambiente. Métodos cuantitativos y técnicas de información geográfica* (Conesa, C. y Martínez Guevara, J.B., eds.). Murcia, Universidad de Murcia-AGE, 357-367.
- COMISIÓN EUROPEA (2000): *Hacia un perfil de la sostenibilidad local. Indicadores comunes europeos*. Luxemburgo. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 11 pp.
- CONNOR, R. (2004): *Institutional change for sustainable development*. Cheltenham. Edward Elgar.
- CSIC-SEDECUCE (2007): *Agenda 21 Comarcal de La Sierra Media Conquense: aproximación a la diagnosis técnica (Documento de Trabajo nº 2)*, 85 pp. Disponible en [http://www.sedecuce.org/agenda\\_21/CarpetaDoc/DiagnosisTecnica.pdf](http://www.sedecuce.org/agenda_21/CarpetaDoc/DiagnosisTecnica.pdf)
- ERIAS REY, A. (2003): *Economía, medio ambiente y desarrollo sostenible*. A Coruña. Diputación de A Coruña.
- ESTÉBANEZ, J. y BRADSHAW, R.P. (1979): *Técnicas de cuantificación en Geografía*. Madrid. Tebar Flores.
- EUROSTAT (1999): *Towards environmental pressure indicators for EU*, Luxembourg. Office for the Official Publications of the European Communities.
- FERNÁNDEZ LATORRE, F. (2006): *Indicadores de sostenibilidad y medio ambiente: métodos y escalas*. Sevilla. Junta de Andalucía.
- FMP-CLM (2005): *Panel de indicadores de sostenibilidad local para los municipios integrantes de la Red de ciudades y pueblos sostenibles de Castilla-La Mancha*. Toledo. Federación de Municipios y Provincias de Castilla-La Mancha, 63 pp. Disponible en <http://agenda.fempclm.com/ficheros/F6T5P6Xbx1512.pdf>
- FRANCHINI, T. y DAL CIN, A. (2000): «Indicadores urbanos y sostenibilidad. Hacia la definición de un umbral de consumo sostenible de suelo». *Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales*, XXXII (123), 41-55.
- FRANCHINI, T., MARTÍNEZ VEGA, J., MARTÍN LOU, M.A., LOZANO, M.J. y ROMERO, R. (2004): «New technologies, research and marginal rural regions: the strategic formula promoted by ADIMMAC for the Local Agenda 21 of the La Mancha Alta Conquense (Spain)» en *CORP 2004 & GEOMULTIMEDIA04. 9th International Symposium on Planning & Innovation Technology*. (Schrenk. M. Ed.). Viena. Universidad Tecnológica de Viena. 105-110. Disponible en [http://corp.mmp.kosnet.com/CORP\\_CD\\_2004/archiv/papers/CORP2004\\_FRANCHINI\\_MARTINEZ\\_MARTIN\\_LOZANO\\_ROMERO.pdf](http://corp.mmp.kosnet.com/CORP_CD_2004/archiv/papers/CORP2004_FRANCHINI_MARTINEZ_MARTIN_LOZANO_ROMERO.pdf)
- FRASER, E.D.G., DOUGILL, A.J., MABEE, W.E., REED, M. y McALPINE, P. (2006): «Bottom up and top down: analysis of participatory processes for sustainability indicator

- identification as a pathway to community empowerment and sustainable environmental management». *Journal of Environmental Management*, 78, 114-127.
- GOODLAND, R., SERAFI, S. y DROSTE, B. (1997): *Medio Ambiente y desarrollo sostenible: más allá del Informe Brundtland*. Madrid. Trotta.
- HEZRI, A.A. (2004): «Sustainability indicator system and policy processes in Malaysia: a framework for utilisation and learning». *Journal of Environmental Management*, 73, 357-371.
- IGN (2004): *CORINE Land Cover. Proyecto I&CLC2000, España. Actualización de la base de datos Corine Land Cover. Informe final*. Madrid. IGN.
- JRC-EEA (2000): *CORINE Land Cover Update 2000. Technical Guidelines*.
- MARKANDYA, A. y HALSNAES, K. (2002): *Climate change and sustainable development: prospects for developing countries*. London. Earthscan.
- MARTEN, G.G. (2001): *Human Ecology: basic concepts for sustainable development*. London. Earthscan.
- MARTÍNEZ VEGA, J., MARTÍN, M.P. y ROMERO, R., (2005): «Digital cartography and GIS, decision tools for sustainable development in Cuenca province (Central Spain)» en *XXII International Cartographic Conference: Mapping approaches into a changing world*. Coruña. International Cartographic Association.
- MEHRA, M. (2005): *Hacia un desarrollo sostenible para las autoridades locales: enfoques, experiencias y fuentes*. Madrid. Ministerio de Medio Ambiente.
- MINISTERIO DE PRESIDENCIA (2008): *Estrategia española de desarrollo sostenible*. Madrid. Ministerio de Presidencia.
- MORA ALISEDA, J. (2002): *Territorio y desarrollo sostenible*. Cáceres. FUNDICOTEX.
- NACIONES UNIDAS (1992): *Conferencia Mundial de Naciones Unidas para el Desarrollo y el Medio Ambiente 1992 Río de Janeiro*. Nueva York. Naciones Unidas.
- NIJKAMP, P. (1990): *Regional Sustainable Development and Natural Resource Use*. Washington D.C., World Bank Annual Conference on Development Economics.
- NOVO, M. (2006): *El desarrollo sostenible: su dimensión ambiental y educativa*. Madrid. UNESCO Pearson Prentice Hall.
- OECD (1998): *Environmental indicators: towards sustainable development*. Paris. OECD.
- PÉREZ, J. y ROS, J. (2005): *Sociología del desarrollo sostenible*. Valencia. Edicep.
- PULIDO, A. y FONTELA, E. (2004): *Principios del desarrollo económico sostenible*. Madrid. Fundación Iberdrola.
- PURNOMO, H., MENDOZA, G.A. y PRABHU, R. (2005): «Analysis of local perspectives on sustainable forest management: an Indonesian case study». *Journal of Environmental Management*, 74, 111-126.
- RAMÍREZ, L. (2002): *Indicadores ambientales: situación actual y perspectivas*. Madrid. Ministerio de Medio Ambiente.
- ROSENSTRÖM, U. y KYLLÖNEN, S. (2007): «Impacts of a participatory approach to developing national level sustainable development indicators in Finland». *Journal of Environmental Management*, 84, 282-298.
- RUBIO, J.L. (2006): *Estrategia mediterránea de desarrollo sostenible*. Valencia. Generalitat Valenciana.

- SIABATO, W. y YUDEGO, C. (2004): «Geoestadística y Medio Ambiente» en *Territorio y Medio Ambiente. Métodos cuantitativos y técnicas de información geográfica* (Conesa, C. y Martínez Guevara, J.B., eds.). Murcia, Universidad de Murcia-AGE, 11-25.
- SIERRA BRAVO, M. (1991): *Técnicas de investigación social: teoría y ejercicios*. Madrid. Paraninfo.
- SIKDAR, S., GLAVIC, P. y JAIN, R. (2004): *Technological choices for sustainability*. Heidelberg. Springer.
- SILBERSTEIN, J. y MASER, C. (2000): *Land use planning for sustainable development*. Boca Raton. Lewis Publishers.
- SIRACUSA, G., LA ROSA, A.D. y STERLINI, S.E. (2004): «A new methodology to calculate the environmental protection index ( $E_p$ ). A case study applied to a company producing composite materials». *Journal of Environmental Management*, 73, 275-284.
- SPANGENBERG, J. (1998): *Sustainability indicators. A compass on the road towards sustainability*. Wuppertal. Wuppertal Institute.
- SPANGENBERG, J. (2000): *Sustainable Development. Concepts and indicators*. Cologne. SERI.
- TERWEE, C.B., BOT, S.D.M., DE BOER, M.R., van der WINT, D.A.W.M., KNOL, D.L., DEKKER, J., BOUTER, L.M., de VET, H.C.W. (2007): «Quality criteria were proposed for measurement properties of health status questionnaires». *Journal of Clinical Epidemiology*, 60, 34-42.
- UNITED NATIONS (1987): *A42/427: Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. New York. United Nations.
- VV.AA. (2005): *Gobernanza para el desarrollo sostenible*. Madrid. Fundación Santander Central Hispano.