

# BASE DE DATOS MEDIANTE SIG PARA LA BÚSQUEDA DE UBICACIONES ÓPTIMAS DE INSTALACIONES DE ENERGÍAS RENOVABLES

Juan Miguel Sánchez-Lozano<sup>1</sup>, M. Socorro García-Cascales<sup>2</sup>, Francisco Cavas-Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Dpto Expresión Gráfica*

<sup>2</sup>*Dpto Electrónica Tecnología de Computadoras y Proyectos*

*Universidad Politécnica de Cartagena*

M.T. Lamata

*Dpto Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial. CITIC.*

*Universidad de Granada*

## Abstract

Projects in renewable energy plants, as in any engineering project, decision making is an essential intellectual activity, without which the project cannot progress. Among the several tools, to use for easy handling, efficiency and reliability, a set of theories and techniques stand out from the rest: Geographical Information Systems. Initially it will be analyzed the different types of renewable energy that may be of interest in the study area, then it will be described generically what geographical information systems are (SIG) to focus attention on the software gvSIG and deepen, among its multiple tools, into those that will be used to develop the database.

Once defined the tools to use, it will be studied the guidelines and regulations in order to meet the restrictions (urban land, protected areas, watercourses, archaeological heritage, etc.) to consider when locating a renewable energy plant and, the obtained restrictions will be selected in order to define the thematic layers that will be necessary to insert into the gvSIG software. In order to obtain a final thematic layer in which it is shown the suitable areas to implement renewable energy plants to serve as database in a Decision Support System.

**Keywords:** *geographical information systems; renewable energy; gvSIG; thematic layers; restrictions; database*

## Resumen

En proyectos de instalaciones de energías renovables, la toma de decisión es una actividad intelectual esencial, sin la cual el proyecto no puede progresar. De entre las diversas herramientas a utilizar por su fácil manejo, eficacia y fiabilidad destacan frente al resto: los Sistemas de Información Geográfica. Inicialmente se analizarán los diferentes tipos de energías renovables que pueden ser de interés, posteriormente se describirá de forma genérica en qué consisten los sistemas de información geográfica (SIG) en concreto en el software gvSIG y profundizar, de entre sus múltiples herramientas, en aquellas que serán utilizadas para el desarrollo de la base de datos.

Una vez definidas las herramientas a utilizar, se estudiarán las directrices y la normativa en vigor con el objetivo de conocer las restricciones (suelos urbanos, áreas protegidas, cauces,

patrimonio arqueológico, etc.) a considerar a la hora de ubicar una instalación de energía renovable y, se seleccionaran las restricciones a tener en cuenta con la finalidad de definir las capas temáticas. El objetivo de obtener una capa temática final en la que se muestren las superficies aptas para implantar instalaciones de energías renovables que sirva de base de datos en un Sistema de Ayuda a la Decisión.

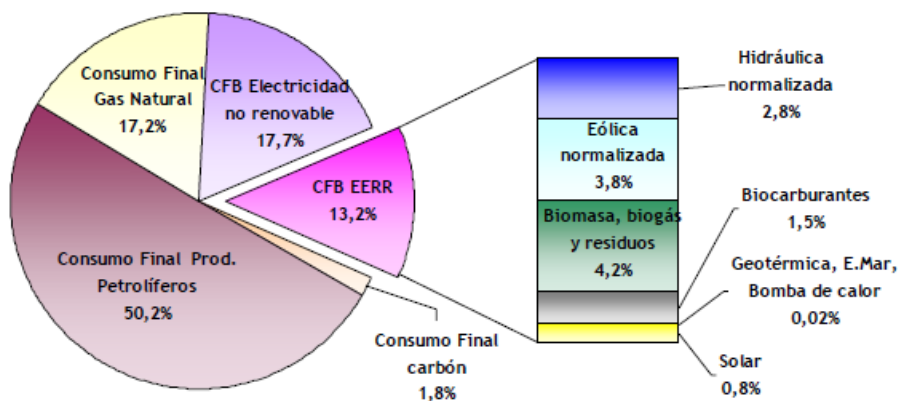
**Palabras clave:** sistemas de información geográfica; energías renovables; gvSIG; capas temáticas; restricciones; base de datos

## 1. Introducción

La necesaria contención del crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero (Arrhenius, 1896), establecida por el Protocolo de Kioto (Naciones Unidas, 1997) junto con el cumplimiento de los objetivos indicados en el Libro Blanco de la Unión Europea (Comisión europea, 1997) y en la directiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea, fueron las razones principales por las que en España se establecieron una serie de medidas fiscales, estructurales y de eliminación de barreras con el objetivo de cubrir con fuentes de energía renovables al menos el 12 % del consumo total de energía en 2010 y, alcanzar el 29,4% de generación eléctrica con fuentes de energía de origen renovable.

La aplicación de las políticas de apoyo a las energías renovables (EERR) provocaron un crecimiento notable de forma que en España, el porcentaje de consumo de energía primaria utilizando EERR y expresado en términos de consumo final bruto de energía (Directiva 2009/28/CE), alcanzó la cifra del 13,2 % en el año 2010, (figura 1.).

Fig.1.- Consumo final bruto de energía en 2010 (Fuente: PANER 2011-20)



El empleo de las EERR constituye una línea prioritaria en la planificación de las políticas energéticas de los diferentes gobiernos. En la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (CARM), la Planificación Energética Regional 2003/2012 indicó que las fuentes de energía renovable debían alcanzar durante ese periodo una aportación del 13% de toda la energía primaria consumida en la Región.

Aunque en la región de Murcia se distinguen tres zonas claramente diferenciadas (altiplano, noroeste y costa), la zona objeto del presente estudio será la costa o litoral ya que es la que presenta mayores limitaciones de espacio a consecuencia de su alta ocupación urbanística (zonas residenciales, infraestructuras, etc.). La costa de la región de Murcia dispone de un extraordinario potencial de desarrollo e implantación de instalaciones de EERR, no obstante,

hay que tener en cuenta que la principal fuente de energía de origen renovable es la propia naturaleza y por lo tanto es algo que viene dado de antemano (Gómez López et al, 2010). Partiendo de esta premisa, resulta lógico indicar que la Región de Murcia no reúne las condiciones óptimas para implantar la totalidad de las diferentes tecnologías de origen renovable existentes en el panorama actual. El análisis se centrará en aquellas instalaciones de EERR que generan energía eléctrica con la finalidad de verterla a la red de distribución.

## **2. Energías Renovables**

### **2.1 Energía solar fotovoltaica**

La Región de Murcia se ha convertido en una de las principales zonas en las que se han implantado un mayor número de plantas de generación solar fotovoltaica comúnmente denominadas huertos solares. Entre las diversas causas de este auge cabría destacar que Murcia posee uno de los más altos niveles de potencial o radiación solar del país, concretamente en la zona de estudio, la radiación global media anual en la mayor parte de su territorio supera los 5.00 kW/m<sup>2</sup>·día, (Vera García et al, 2007).

El potencial solar bruto viene determinado por las horas de sol y por la latitud, no obstante existen condicionantes que pueden limitar la expansión y crecimiento de las instalaciones solares fotovoltaicas (superficie disponible, proximidad a las redes de evacuación, etc.). Por ello, las líneas de investigación deben ir dirigidas a optimizar cada instalación en función de aquellos factores que condicionan su correcta ejecución y posterior desarrollo y, es precisamente por esos motivos por los que el empleo de herramientas de visualización y edición cartográficas tipo SIG (Sistemas de Información Geográfica) son de gran utilidad ya que ofrecen la posibilidad de seleccionar (considerando la totalidad de restricciones) los emplazamientos óptimos para implantar este tipo de instalaciones.

### **2.2 Energía solar de alta temperatura con conexión a red (Termoeléctrica)**

Las excelentes características climáticas de la Región antes indicadas han favorecido que, según la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Región de Murcia, en el transcurso de estos últimos años, haya habido muchas solicitudes para la implantación de esta tecnología de EERR, alcanzando una potencia solicitada de valor 421,7 MW. Al igual que ocurría con las instalaciones solares fotovoltaicas e incluso aquí con mayor importancia debido a la envergadura de este tipo de centrales, la superficie requerida junto con la proximidad a las redes de evacuación, suponen factores esenciales, por tanto, las líneas de investigación indicadas con anterioridad marcan también las pautas a seguir en las centrales solares termoeléctricas.

### **2.3 Energía eólica**

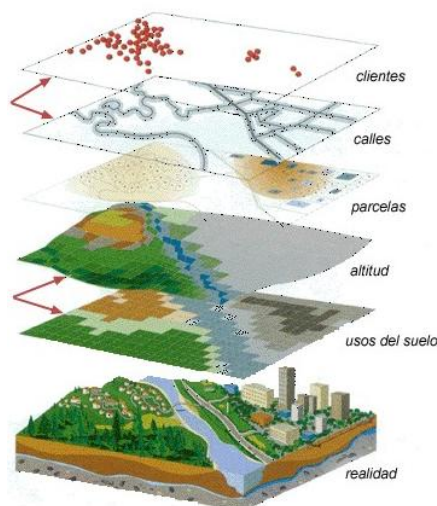
En la Región de Murcia, se han realizado diversos estudios sobre el potencial eólico con el objetivo de conocer qué zonas presentan un mayor interés para implantar este tipo de instalaciones. A pesar del alto potencial de la zona de costa, la energía aprovechable es mucho menor que en el Noroeste a causa de la limitación de espacio que supone el alto nivel de ocupación urbanística y residencial de esta zona. Es principalmente por este motivo por el que herramientas del tipo SIG son de extraordinaria utilidad, ya que permitirán realizar un estudio con mayor grado de precisión con el objetivo de descartar las zonas o áreas que imposibilitan la implantación de este tipo de EERR (zonas residenciales, protegidas, infraestructuras, etc.) y obtener cuales serían factibles para implantar una instalación eólica.

### 3. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Un SIG permite representar de forma digital el mundo real en función de objetos discretos, la información de estos objetos (de carácter temático o espacial), expresada de forma numérica, proporciona una colección de datos referenciados que actúa como modelo de la realidad. La forma en la que se obtiene la información geográfica en este formato, se denomina modelo de datos. Los SIG utilizan dos tipos de modelos básicos de datos: el modelo raster y el modelo vectorial.

Los datos espaciales a introducir en un SIG son un conjunto de mapas que representan una porción concreta de la superficie. Cada mapa representa una variable temática y ésta al ser introducida en un SIG recibe el nombre de capa temática, en ella se representa una tipología específica de elementos del mundo real (figura 2.).

Fig.2.- Capas temáticas en un SIG (Fuente: Palomar, 2010)



#### 3.1. El Software gvSIG

Para el desarrollo del presente artículo se ha optado por el software libre español denominado gvSIG (Generalitat Valenciana Sistema de Información Geográfica) el cual ha sido impulsado por la Consejería de Infraestructuras y Transporte de la Generalitat Valenciana. El software gvSIG permite trabajar con información tanto raster como vectorial. Este software ofrece la posibilidad de acceder a servidores de mapas basados en la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) cuyo objetivo consiste en integrar a través de Internet los datos, metadatos, servicios e información de tipo geográfico que se producen en España.

Este software está disponible en diversos sistemas operativos y, constantemente se realizan actualizaciones para la mejora de su rendimiento así como para aumentar las funcionalidades del mismo. Dispone de un número amplio de extensiones que permiten trabajar de forma avanzada con capas raster, capas tridimensionales en 3D, etc.

Además de por la amplia gama de funcionalidades y comandos que dispone, otro hecho que ha influido en la elección de este software en lugar de otro es su carácter libre, es decir, es una herramienta que puede ser utilizada de forma gratuita por cualquier persona interesada

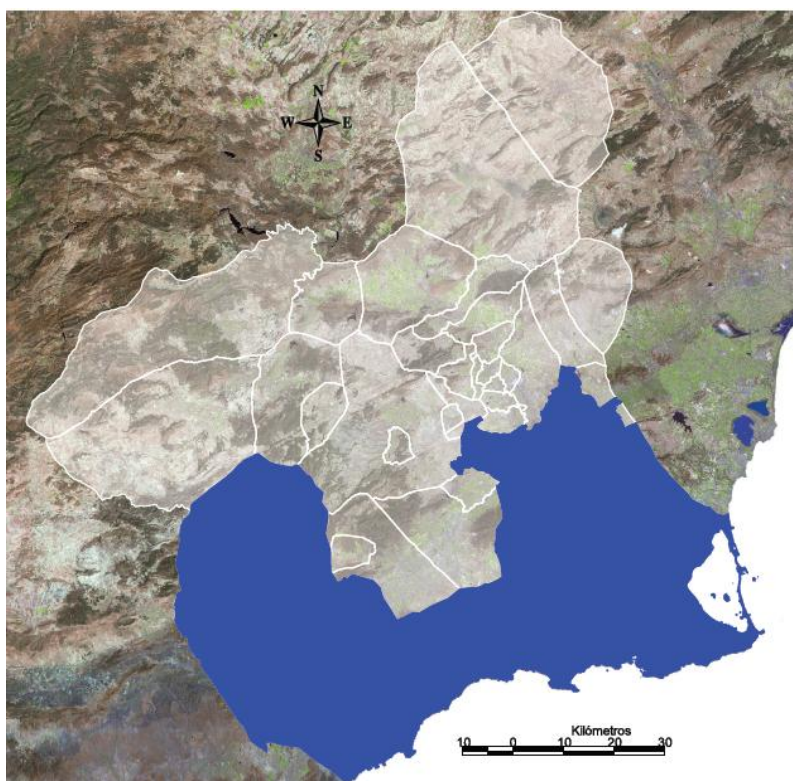
en temáticas de edición y visualización cartográfica y, al ser una aplicación de código abierto está en continuo desarrollo y evolución.

#### **4. Metodología GIS en la obtención de superficies aptas para implantar instalaciones de EERR en el litoral de la Región de Murcia**

Inicialmente se utilizará el software gvSIG para representar los criterios limitantes o restrictivos, es decir aquellos criterios que imposibilitan que en una determinada zona puedan implantarse una instalación de EERR. Posteriormente y mediante las herramientas de cálculo del software, se irán eliminando aquellas zonas que no son aptas para la implantación dejando únicamente la superficie factible para tal finalidad.

Respecto a la superficie de la Región de Murcia (13.081,23 km<sup>2</sup>), el litoral de la Región de Murcia ocupa una superficie de 6.226,60 km<sup>2</sup>, en la figura 3 se muestra en color azul oscuro el litoral y en color blanco transparente el resto de la Región.

**Fig.3.- Visualización del Litoral de la Región de Murcia**



El territorio se divide en municipios y éstos contienen distintas clases de suelo según sus respectivos Planes Generales de Ordenación Urbana, dicha clasificación se agrega al software gvSIG en forma de capa vectorial y, utilizando el comando Filtro del software se creará la primera capa de criterios limitantes o restrictivos, contendrá los suelos urbanos, suelos protegidos y suelos aptos para urbanizar es decir, aquellas zonas que por su clasificación imposibilitan la implantación de cualquier instalación de EERR. Los criterios limitantes o restrictivos a insertar en el software gvSIG se han obtenido a través de las

Administraciones y Organismos Públicos de la Región de Murcia, tales criterios constituirán las restricciones técnicas y medioambientales de la zona de estudio (tabla 1.-)

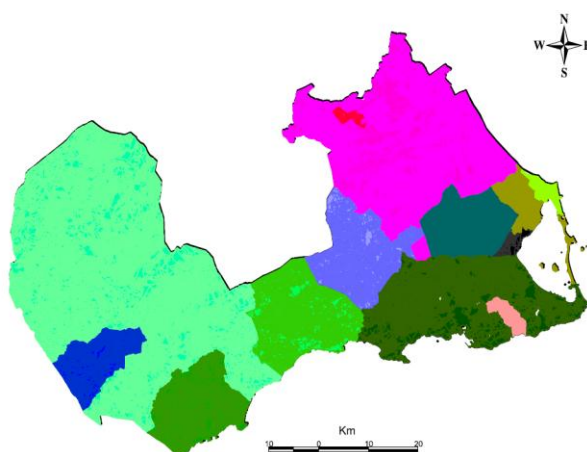
**Tabla 1.- Capas vectoriales de criterios limitantes o restrictivos**

<b>Nº</b>	<b>Denominación de capas de restricciones</b>
1	Suelos urbanos
2	Suelos no urbanos con protección especial
3	Áreas de alto valor paisajístico
4	Equipamientos, sistemas generales hidráulicos, servicios y vías pecuarias
5	Cauces y ramblas
6	Patrimonio arqueológico
7	Patrimonio paleontológico
8	Patrimonio cultural
9	Carreteras y red de ferrocarril
10	Lugares de Importancia Comunitaria (LICs)
11	Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAs)
12	Protección costera
13	Montes

Las mencionadas capas temáticas se agregarán a gvSIG, y su representación será de la forma indicada en Anexo A.

Una vez introducidas las capas en formato vectorial se aplicará una herramienta del software gvSIG denominada "diferencia", mediante dicho comando se irán eliminando las superficies ocupadas por los criterios restrictivos de forma que la superficie resultante será la óptima. Para poder clasificar y enumerar la superficie restante mediante un criterio común se utilizará la clasificación realizada por la Dirección General del Catastro de la Región de Murcia la cual, divide la superficie de cualquier territorio en polígonos, parcelas y subparcelas para ello, se utilizará la capa temática de información catastral en formato vectorial del litoral de la Región de Murcia en la que se han indicado mediante distintos colores los municipios implicados (fig.4)

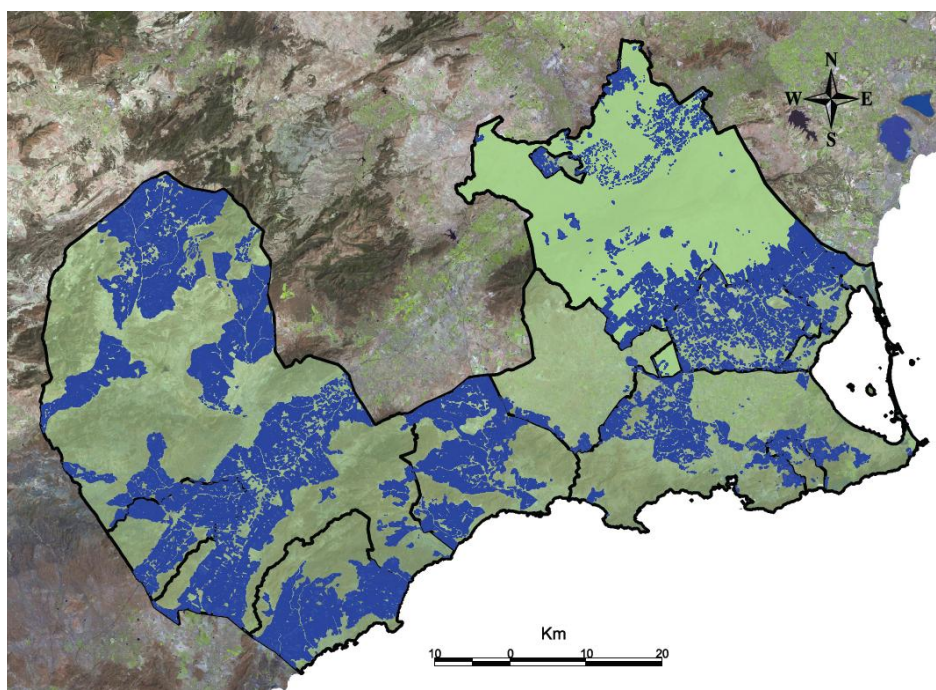
**Fig. 4.- Adición de capa de información catastral en gvSIG**



#### 4.1 Obtención de superficies aptas para implantación de Instalaciones Solares Fotovoltaicas

La capa temática de información catastral además de indicar los polígonos, parcelas y subparcelas, permite conocer la superficie de cada parcela y si en la misma hay alguna edificación. Aunque para implantar un huerto solar fotovoltaico se puede partir de superficies relativamente pequeñas ( $\approx 300 \text{ m}^2$ ), para facilitar el cálculo con el software gvSIG se ha estimado que la superficie mínima de cada parcela será de valor  $1000 \text{ m}^2$ , además, parece lógico suponer que aquellas parcelas que contengan alguna edificación serán las menos indicadas para albergar un huerto solar por tanto, teniendo en cuenta ambas consideraciones y aplicando otra herramienta del software gvSIG denominada "filtro", se realizará un filtrado para eliminar aquellas parcelas que tengan alguna de las consideraciones indicadas (superficie inferior a  $1000 \text{ m}^2$  o parcelas con edificaciones). Aplicando de nuevo el comando diferencia con la capa de información catastral se obtendrá una nueva capa que contendrá la superficie óptima (clasificada en polígonos, parcelas y subparcelas) del Litoral de la Región de Murcia para implantar huertos solares fotovoltaicos de forma que, un 17,48% de la superficie total del Litoral ( $6.226,60 \text{ km}^2$ ) será adecuada para implantar huertos solares fotovoltaicos, dicho porcentaje corresponde a  $1.088,79 \text{ km}^2$  y, en la figura 5 se observa mediante una ortofoto o capa tipo raster su distribución en el Litoral.

Fig. 5.- Superficie apta para implantar huertos solares fotovoltaicos



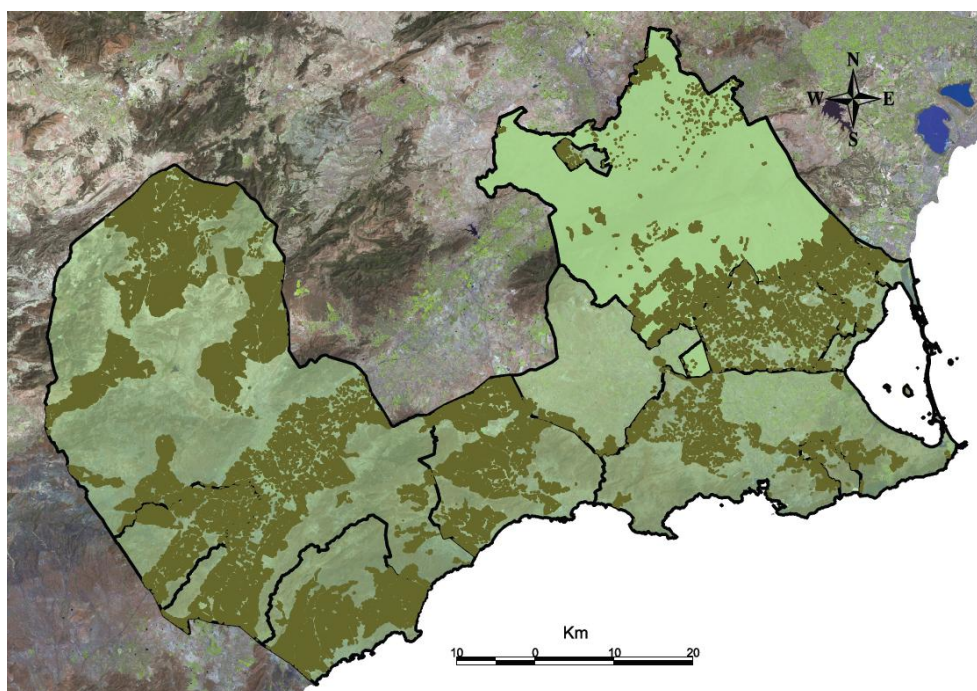
#### 4.2 Obtención de superficies aptas para implantación de Instalaciones Solares Termoeléctricas

Las superficies aptas para implantar instalaciones de energía solar termoeléctrica se obtendrán mediante un procedimiento similar al seguido para instalaciones solares, la única diferencia entre ambas será la superficie mínima necesaria para implantar este tipo de instalaciones. Si en el caso de instalaciones solares fotovoltaicas se establecía la superficie de  $1000 \text{ m}^2$  como punto de partida, para el caso de instalaciones termoeléctricas con vertido

a red, la superficie mínima según los expertos debe ser superior ( $5.000 \text{ m}^2$ ), ya que, este tipo de instalaciones necesitan un espacio mínimo para poder ser instaladas.

Teniendo en cuenta ambas consideraciones, se realizará un filtrado para eliminar aquellas parcelas que tengan alguna de las consideraciones indicadas (superficie inferior a  $5000 \text{ m}^2$  o parcelas con edificaciones). Aplicando de nuevo el comando diferencia con la capa de información catastral se obtendrá una nueva capa que contendrá la superficie óptima del Litoral de la Región de Murcia para implantar instalaciones solares termoeléctricas de forma que, un 15,84% de la superficie total del Litoral ( $6.226,60 \text{ km}^2$ ) será adecuada para implantar instalaciones solares termoeléctricas, dicho porcentaje corresponde a  $986,55 \text{ km}^2$  y, en la figura 6 se observa mediante una ortofoto o capa tipo raster su distribución en el Litoral.

**Fig. 6.- Superficie apta para implantar instalaciones solares termoeléctricas**



#### **4.3 Obtención de superficies aptas para implantación de Parques Eólicos**

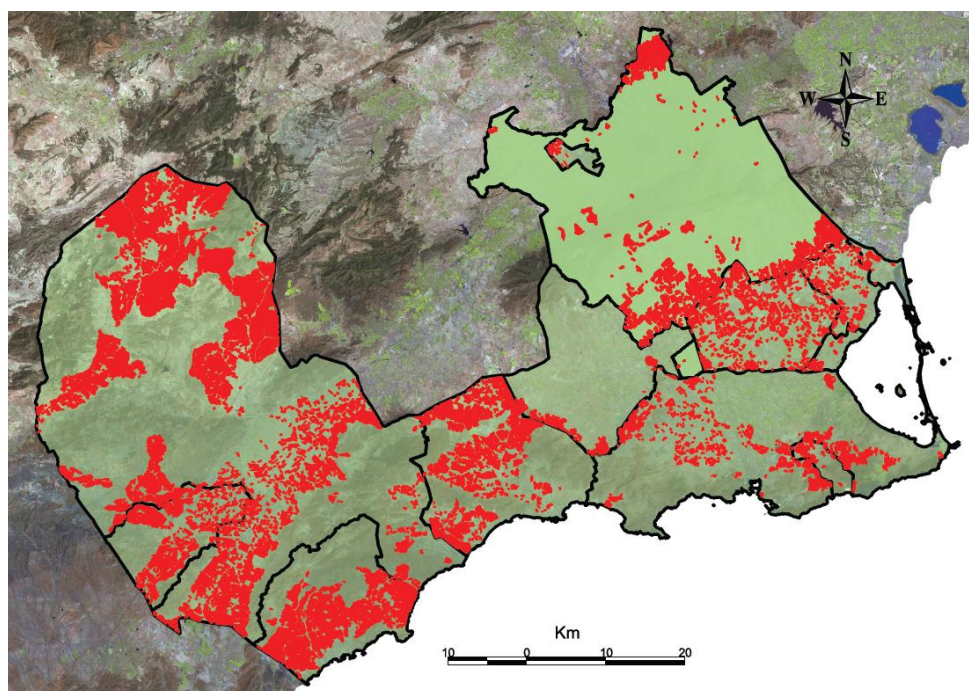
En el caso de parques eólicos el procedimiento a seguir es similar al que se ha seguido hasta el momento, no obstante resulta necesario tener en cuenta una restricción que para los casos de instalaciones solares se había descartado: los montes. A diferencia de instalaciones solares en las que terrenos con excesiva pendiente y masa forestal (como por ejemplo un monte) dificultan su implantación y les hace ser poco atractivos para su ejecución y posterior desarrollo, para el caso de parques eólicos, las cimas o cumbres de dichos terrenos (siempre y cuando hayan otros factores favorables como pendientes suaves, infraestructuras próximas, etc.) son bastante interesantes para implantar un parque eólico por lo que no resulta conveniente descartarlos. Por tanto, de las capas de restricciones anteriormente definidas que se habían introducido en el software gvSIG, para el caso de parques eólicos no se eliminarán las superficies ocupadas por montes.

Para el caso de implantación de parques eólicos cuya finalidad sea el vertido a la red de distribución, la superficie mínima según los expertos debe ser próxima a  $20.000 \text{ m}^2$  ya que, aunque ocupan puntualmente poco espacio, es necesario mantener determinadas distancias de separación entre los aerogeneradores y entre cualquier otra infraestructura cercana.



Teniendo en cuenta esta consideración, se añadirá la capa vectorial de montes al software gvSIG y se realizará un filtrado para eliminar aquellas parcelas cuya superficie sea inferior a 20.000 m<sup>2</sup>, de modo similar a lo aplicado en instalaciones solares también se eliminarán aquellas que tengan alguna edificación. Aplicando de nuevo el comando diferencia con la capa de información catastral se obtendrá una nueva capa que contendrá la superficie óptima del Litoral de la Región de Murcia para implantar parques eólicos de forma que, un 12,51% de la superficie total del Litoral (6.226,60 km<sup>2</sup>) será adecuada para implantar parques eólicos, dicho porcentaje corresponde a 779,32 km<sup>2</sup> y, en la figura 7 se observa mediante una ortofoto o capa tipo raster su distribución en el Litoral.

**Fig. 7.- Superficie apta para implantar parques eólicos**



## 6. Conclusiones

Con el presente estudio se ha comprobado que el litoral de la Región de Murcia es una zona óptima para implantar instalaciones solares fotovoltaicas, termoeléctricas y eólicas ya que, una vez que se ha considerado la totalidad de los criterios restrictivos o limitantes, las superficies aptas disponibles son bastante elevadas.

Entre las diversas tecnologías estudiadas se observa que el mayor porcentaje se obtiene en instalaciones solares fotovoltaicas, en cierto modo dicho resultado es lógico ya que para implantar un huerto solar fotovoltaico con vertido a la red de distribución no se requiere una excesiva superficie y por lo tanto parcelas superiores a 1000 m<sup>2</sup> resultan óptimas.

Es de destacar que aunque para el caso de implantación de parques eólicos se ha añadido la capa de montes, las superficies óptimas para implantar instalaciones solares termoeléctricas y parques eólicos no presentan notables diferencias. Este hecho es debido a que aunque se ha añadido mayor superficie válida considerando los montes del Litoral, la mayor parte de éstos son Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAs) y Lugares de Importancia Comunitaria (LICs), resultando ser por tanto zonas protegidas no aptas para implantar ningún tipo de instalación de EERR.

No obstante, este estudio no sólo ha servido para obtener las superficies aptas para implantar instalaciones de EERR, sino que ha permitido crear una base de datos que constituye un excelente punto de partida para evaluar la capacidad de acogida del Litoral de la Región de Murcia mediante la combinación de un Sistema de Información Geográfica con Sistemas de Ayuda a la Decisión del tipo Soft Computing (SIG-Soft Computing).

Entre las posibles líneas futuras de investigación se podría trasladar el presente estudio a una mayor extensión de territorio o, ampliar el estudio añadiendo otras tecnologías de energía renovables.

### **Agradecimientos**

Este trabajo ha sido financiado con fondos FEDER y por la DGICYT mediante los proyectos (TIN2008-06872-C04-04, TIN2011-27696-C02-01) y por La Junta de Andalucía (P07-TIC02970, P11-TIC-8001), respectivamente

### **Referencias**

Arrhenius, S. (1896). On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science*, 5 (41), pp. 237-276.

Comisión europea. (1997). *Energía para el futuro: fuentes de energía renovables. Libro blanco para una estrategia y un plan de acción comunitarios*. Bruselas.

Framework convention on climatic change. (1997). Report of the conference of the parties on its third session. Adoption of the Kyoto Protocol, United Nations, Kyoto

Gómez-López, M.D., García-Cascales, M.S., Ruíz-Delgado, E. (2010). Situations and problems of renewable energy in the Region of Murcia, Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, pp. 1253–1262.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE. (2010). *Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España (PANER) 2011 – 2020*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Madrid.

Palomar Vázquez, J. (2010). *Curso de gvSIG 1.9: Introducción a gvSIG*, Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, Grupo de Cartografía GeoAmbiental y Teledetección, Universidad Politécnica de Valencia.

Parlamento Europeo. (2001). *Directiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad*, Bruselas.

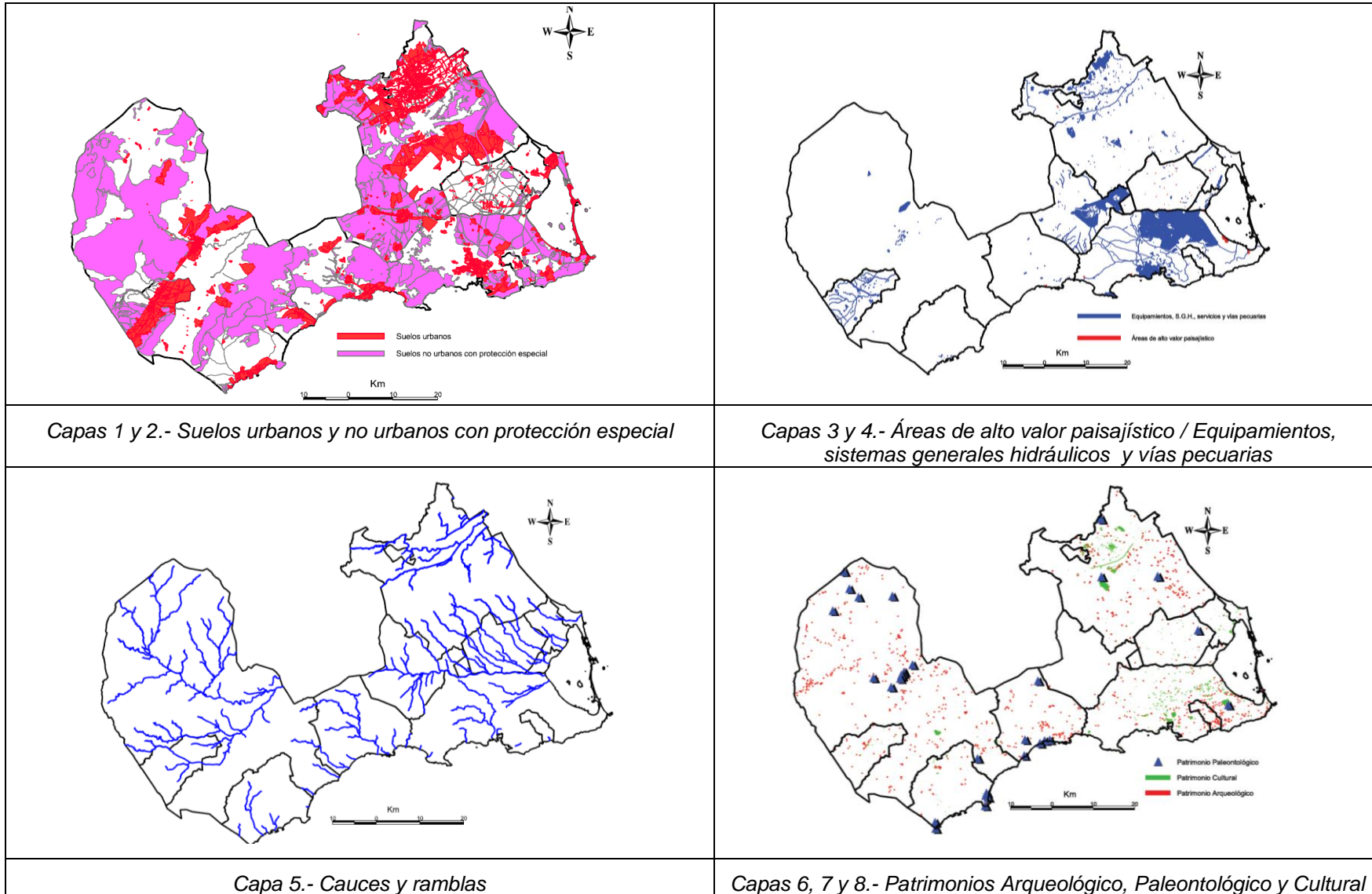
Parlamento Europeo. (2009). *Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE*, Bruselas.

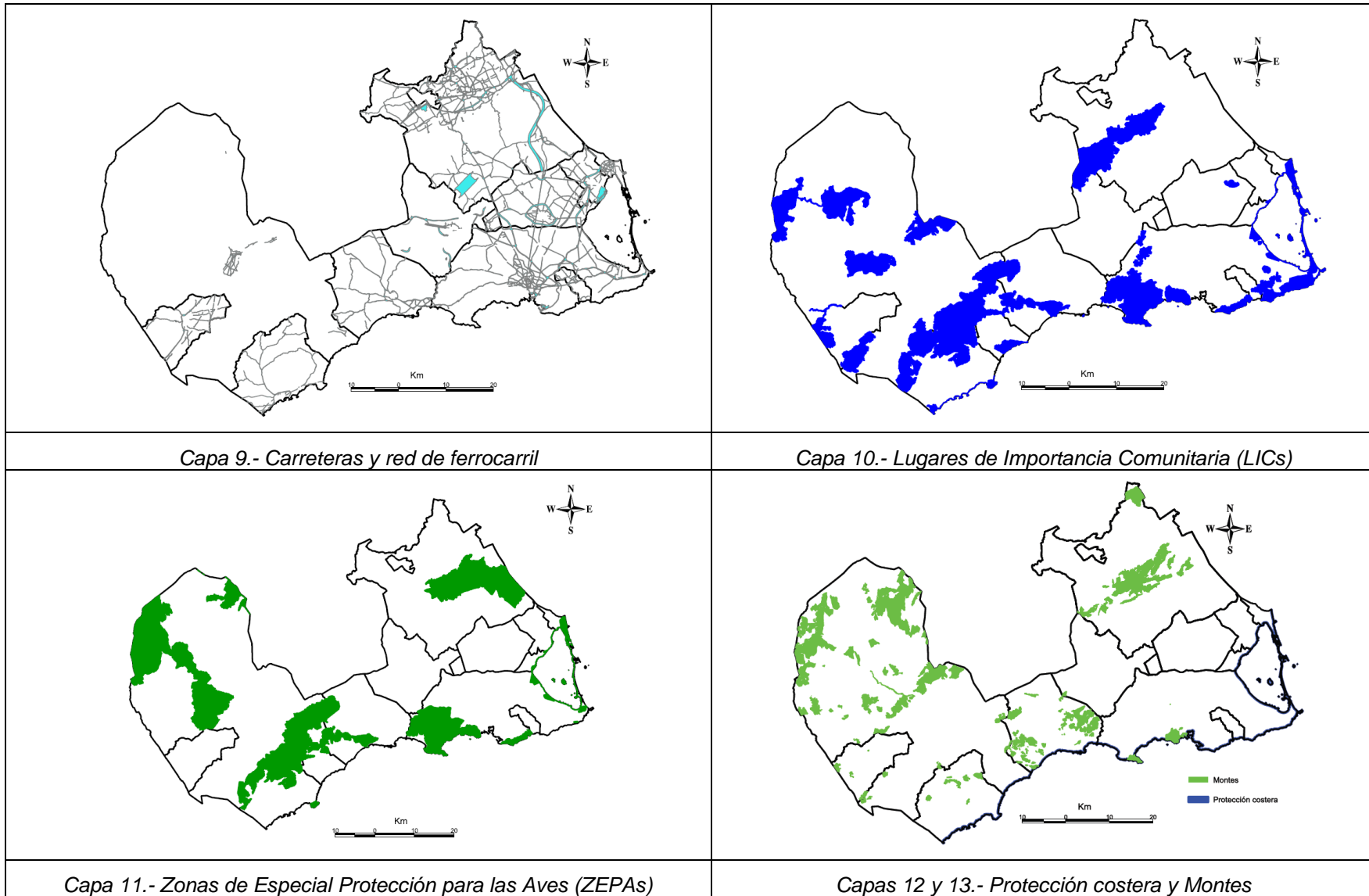
Vera F., García J.R., Hernández Z. (2007). *Atlas de Radiación Solar y Temperatura Ambiente en la CARM*. Universidad Politécnica de Cartagena. ARGEM. Murcia.

### **Correspondencia** (Para más información contacte con):

Juan Miguel Sánchez Lozano  
Dpto Expresión Gráfica. Universidad Politécnica de Cartagena  
Phone: + 34 968 32 64 94  
Fax: + 34 968 32 64 74  
E-mail: [juanm.sanchez@upct.es](mailto:juanm.sanchez@upct.es)  
URL: <http://www.upct.es/~deg/>

Anexo A.





Capa 9.- Carreteras y red de ferrocarril

Capa 10.- Lugares de Importancia Comunitaria (LICs)

Capa 11.- Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAs)

Capas 12 y 13.- Protección costera y Montes