

**ENERGÍA Y TERRITORIO**  
**dinámicas y procesos**

**COMUNICACIONES**

**XXII CONGRESO DE GEÓGRAFOS ESPAÑOLES**  
**Universidad de Alicante, 2011**



**ENERGÍA Y TERRITORIO**  
**dinámicas y procesos**

**COMUNICACIONES**

**XXII CONGRESO DE GEÓGRAFOS ESPAÑOLES**  
**Universidad de Alicante, 2011**

Editores

Vicente Gozávez Pérez  
Juan Antonio Marco Molina

Los estudios publicados en este libro han sido evaluados, de forma anónima, por dos miembros del COMITÉ CIENTÍFICO EVALUADOR:

Javier MARTÍN VIDE, Presidente de la Asociación de Geógrafos Españoles.

Antonio PRIETO CERDÁN, Presidente del Colegio de Geógrafos.

Rafael MATA OLMO, Catedrático de Análisis Geográfico Regional, Universidad Autónoma de Madrid.

Lluïsa DUBÓN PRETUS, Geógrafa. Instituto Balear de Estadística de les Illes Balears.

Cayetano ESPEJO MARÍN, Profesor Titular de Geografía Humana, Universidad de Murcia.

Marina FROLOVA, Investigadora Ramón y Cajal, Universidad de Granada.

José Manuel MOREIRA MADUEÑO, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.

Juan M. ALBERTOS PUEBLA, Presidente Grupo de Geografía Económica, Universidad de Valencia.

Francisco J. ANTÓN BURGOS, Presidente Grupo Geografía de los Servicios, Universidad Complutense.

José ARNÁEZ VADILLO, Presidente Grupo Geografía Física, Universidad de La Rioja.

M<sup>a</sup> Asunción ROMERO DÍAZ, Presidenta Grupo Geografía Física, Universidad de Murcia.

José CARPIO MARTÍN, Presidente Grupo Geografía de América Latina, Universidad Complutense.

Rosa JORDÁ BORRELL, Presidenta Grupo Estudios Regionales, Universidad de Sevilla.

María Luisa DE LÁZARO Y TORRES, Presidenta Grupo de Didáctica de la Geografía, Universidad Complutense.

Diego LÓPEZ OLIVARES, Presidente Grupo Geografía del Turismo, Ocio y Recreación, Universidad Jaume I de Castellón.

Francisco J. MARTÍNEZ VEGA, Presidente Grupo Tecnologías de la Información Geográfica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.

Nicolás ORTEGA CANTERO, Presidente Grupo del Pensamiento Geográfico, Universidad Autónoma de Madrid.

Juan Ignacio PLAZA, Presidente Grupo de Geografía Rural, Universidad de Salamanca.

Domingo F. RASILLA ÁLVAREZ, Presidente Grupo de Climatología, Universidad de Cantabria.

Francisco RODRÍGUEZ MARTÍNEZ, Presidente Grupo de Desarrollo Local, Universidad de Granada.

Vicente RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, Presidente Grupo de Población, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.

Onofre RULLÁN SALAMANCA, Presidente Grupo de Geografía Urbana, Universitat de les Illes Balears.

Juan Antonio MARCO MOLINA, Director Departamento Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Alicante.

Vicente GOZÁLVEZ PÉREZ, Director Departamento Geografía Humana, Universidad de Alicante.

Antonio MARTÍNEZ PUCHE, Universidad de Alicante.

Rosario NAVALÓN GARCÍA, Universidad de Alicante.

Jorge OLCINA CANTOS, Universidad de Alicante.

Salvador PALAZÓN FERRANDO, Universidad de Alicante.

Gabino PONCE HERRERO, Universidad de Alicante.

### COMITÉ ORGANIZADOR

José Antonio LARROSA ROCAMORA

Antonio MARTÍNEZ PUCHE

Rosario NAVALÓN GARCÍA

Jorge OLCINA CANTOS

Ascensión PADILLA BLANCO

Salvador PALAZÓN FERRANDO

Antonio PRIETO CERDÁN

Vicente GOZÁLVEZ PÉREZ

Juan Antonio MARCO MOLINA

© Los autores de las comunicaciones

ISBN: 978-84-938551-1-6

Depósito legal: MU 1235-2011

Diseño portada: Miriam Ponce Pérez

Maquetación e impresión: COMPOBELL, S.L.

## ÍNDICE

Presentación .....	11
Energía, territorio y sociedad: zona XIV del Plan Eólico Valenciano .....	13
<i>Agulló Carbonell, B. y Palací Soler, J.</i>	
Nuevas funciones para espacios de tradición energética: el núcleo de Santa Lucía de Gordón (León).....	23
<i>Benito del Pozo, P. y Luna Rabanal, C.</i>	
La cooperación internacional como estrategia contra el cambio climático .....	35
<i>Bouso, N.</i>	
Potencialidades territoriales de las energías renovables en Puertollano (Castilla-La Mancha) .....	49
<i>Cañizares Ruiz, M.C.</i>	
Ciudad, transporte y energía: una nueva propuesta desde la problemática de la movilidad metropolitana .....	61
<i>Casellas, A. y Poli, C.</i>	
Relaciones entre el consumo energético y el desarrollo social y económico de la población en los países del G-20.....	73
<i>Cutillas Orgilés, E.</i>	
Evaluación de recursos eólicos: fuentes de información y SIG disponibles para la elaboración de atlas de viento .....	85
<i>De Andrés Ruiz, C. y Hermosilla Pla, J.</i>	
Desarrollo de las energías renovables y cambios paisajísticos: propuesta de tipología y localización geográfica de los paisajes energéticos de España.....	97
<i>De Andrés Ruiz, C. e Iranzo García, E.</i>	

El papel de la red eléctrica en la definición de las potencialidades territoriales para la implantación de la energía eólica en Andalucía .....	109
<i>Díaz Cuevas, M.P.; Pita López, M.F. y Zoido Naranjo, F.</i>	
Dinámicas energéticas y turísticas. Relaciones y reacciones en Canarias .....	119
<i>Fernández Latorre, F.</i>	
El efecto de las energías renovables en el paisaje vitivinícola de la denominación de origen de Cigales .....	129
<i>Fernández Portela, J.</i>	
La energía como reto para la ordenación del territorio en el siglo XXI .....	141
<i>García Martínez, M.</i>	
La difusión de la función energética en Castilla y León: fuerte presencia de fuentes clásicas y apuesta por las nuevas energías .....	153
<i>Herrero Luque, D.</i>	
El futuro de la minería del carbón en España. La valorización turística de territorios en declive .....	165
<i>Hidalgo Giralt, C. y Palacios García, A. J.</i>	
La problemática de los parques eólicos en las áreas administrativas limítrofes: beneficio económico frente a degradación paisajística .....	177
<i>Ibarra, P.; Ballarín, D.; Mora, D.; Pérez-Cabello, F.; Zúñiga, M.; Echeverría, M. T.; Albero, M. J. y Santed, S.</i>	
Aportación de las dehesas a la mitigación del cambio climático .....	191
<i>Leco Berrocal, F.; Mateos Rodríguez, B. y Pérez Díaz, A.</i>	
Patrones de movilidad y consumo energético en la ciudad difusa: el caso del municipio de Lliçà d'Amunt en el área metropolitana de Barcelona .....	203
<i>Martínez Casal, A. D.</i>	
La producción de energía hidroeléctrica en Extremadura .....	215
<i>Mateos Rodríguez B. y Leco Berrocal, F.</i>	
Asturias en el sistema energético: del nacionalismo a la globalización .....	227
<i>Maurín Álvarez, M.</i>	
El emplazamiento de las plantas fotovoltaicas y sus repercusiones paisajísticas .....	239
<i>Mérida Rodríguez, M.; Lobón Martín, R.; Perles Roselló, M. J. y Reyes Corredera, S.</i>	

Las potencialidades de la biomasa forestal. Galicia, el almacén forestal de España.....	251
<i>Miramontes Carballada, Á. y Alonso Logroño, M. P.</i>	
Informe de las características del viento en la zona 14 y límites para la instalación de aerogeneradores y acerca de los impactos paisajísticos y económicos de dicha instalación.....	265
<i>Moltó Mantero, E.</i>	
Autopistas del mar y ferroustage. Alternativas de ecoeficiencia intermodal.....	277
<i>Moreno Navarro, J. G.</i>	
Valorización energética de la biomasa forestal en Euskadi .....	289
<i>Moro Deordal, I.</i>	
Burbuja inmobiliaria versus expansión fotovoltaica. Análisis comparado en España, 2002-2009.....	301
<i>Ortells Chabrera, V. y Querol Gómez, A.</i>	
Las transformaciones del territorio derivadas de la producción de cultivos para biocombustibles .....	311
<i>Ortiz Pérez, S.</i>	
Dimensión socioeconómica de las energías renovables en Extremadura.....	323
<i>Pérez Díaz, A.; Leco Berrocal, F. y Mateos Rodríguez, B.</i>	
El arco mediterráneo español, geopolíticas energéticas 1950-2010 .....	335
<i>Pérez Morales, A.</i>	
La gestión de los recursos naturales, la energía y el medio ambiente en la «revalorización integral de la platja de Palma» .....	347
<i>Picornell Cladera, M.; Ramis Cirer, C. I. y Arrom Munar, J. M.</i>	
INTIGIS: evaluación de alternativas de electrificación rural basada en Sistemas de Información Geográfica.....	361
<i>Pinedo-Pascua, I. y Domínguez, J.</i>	
Evolución del precio del gasoil y del precio del pescado fresco en los últimos diez años. Una aproximación desde la Geografía.....	373
<i>Piñero Antelo, M. A.</i>	
El desarrollo de la energía termosolar en La Mancha: innovación territorial, diversificación económica, gestión del agua y sostenibilidad .....	387
<i>Plaza Tabasco, J.</i>	

Estudio de potencial energético renovable en la isla de Cuba .....	399
<i>Rodríguez, M.; Domínguez, J.; Prados, M. J. y Vázquez, A.</i>	
Análisis crítico del sistema eléctrico español. Propuesta de alternativas .....	411
<i>Saladié Gil, S.</i>	
Geopolítica de la implantación eólica en Catalunya.....	425
<i>Saladié Gil, S.</i>	
La seguridad del suministro energético en el sur de Europa occidental: el gas argelino como posible factor geopolítico en la integración regional del espacio euromediterráneo .....	437
<i>Salinas Palacios, D.</i>	
La interdependencia hispano-argelina en cuestiones energéticas.....	449
<i>Sempere Souvannavong, J. D.</i>	



# ESTUDIO DE POTENCIAL ENERGÉTICO RENOVABLE EN LA ISLA DE CUBA

María Rodríguez

*mariarg@oc.une.cu*<sup>1</sup>

Javier Domínguez

*javier.dominguez@ciemat.es*<sup>2</sup>

M<sup>a</sup>. José Prados

*mjprados@us.es*<sup>3</sup>

Antonio Vázquez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> GD, José Antonio Saco No. 166. Santiago de Cuba. C.P. 90100

<sup>2</sup> CIEMAT, Madrid

<sup>3</sup> Universidad de Sevilla

**Resumen:** La comunicación presenta un modelo de potencialidad para la toma de decisiones en la implementación de las energías renovables, proponiendo criterios de selección de idoneidad del territorio. De esta forma, se muestran mapas de las áreas de viabilidad relativa para cada tipo de fuente (solar, eólica, hídrica y biomasa), donde se pueden realizar inversiones para el aprovechamiento de la energía, calculando el área por cada fuente y la cantidad de energía que se puede aprovechar. Además se determina el índice de eficiencia en la producción, transportación y distribución de energía eléctrica.

**Palabras claves:** energías renovables; sistemas de información geográfica; ordenación del territorio; planificación energética; sostenibilidad.

## RENEWABLE ENERGY POTENTIAL STUDY ON THE ISLAND OF CUBA

**Abstract:** The paper presents a potential model for decision making in the implementation of renewable energy, proposing criteria of suitability of the territory. In this way, the maps show areas of relative feasibility for each source (solar, wind, hydro and biomass), where you can make investments in energy efficiency by calculating the area for each source and amount of energy can be harnessed. Additionally, the project determines the rate of efficiency in production, transportation and distribution of electricity.

**Key words:** renewable energy, geographic information systems, spatial planning, energy planning, sustainability.

## 1. INTRODUCCIÓN

La disminución del combustible fósil y los altos costos llevan a trazar una estrategia a partir de la energía renovable para poder satisfacer la demanda energética de la población mundial. Cuba no se encuentra aislada en este problema por lo que comenzar a buscar soluciones que den respuesta a este problema es una alternativa al desarrollo. El uso del suelo y los impactos provocados por la explotación de la energía renovable es un aspecto de especial interés en el cual se pone énfasis en este trabajo.

Los aspectos anteriores están marcados en la estrategia de planificación, donde el problema es satisfacer la demanda energética con nuevas fuentes explorado el camino adecuado de cara al ordenamiento territorial y el uso del suelo. Las energías renovables cumplen con uno de los aspectos para la satisfacción de la demanda en los sitios próximos a la generación, que es su dispersión geográfica (Domínguez, 2002), disminuyendo con ello las pérdidas producidas por la transportación y transmisión y consiguiendo, a su vez, el acercamiento a la generación distribuida (GD).

Para una planificación energética se debe tener en cuenta el área del objeto planificado, la especificación cuantitativa de los fines que se persigue, la estrategia y las acciones a seguir para conseguir estos objetivos. Para todo ello, los Sistemas de Información Geográficos (SIG) se han convertido en una potente herramienta de apoyo (Arencibia, 2008). Por otro lado, la ordenación territorial como disciplina permite ordenar el espacio geográfico, pero se necesita de instrumentos jurídicos que permitan establecer criterios para la selección de los espacios disponibles.

En Cuba el desarrollo tiene una concepción integral, siendo un enfoque acertado según lo planteado por especialistas en desarrollo territorial donde la descentralización da respuesta rápida a la toma de decisiones y donde existe identificación plena de la población con su territorio, que da sentido de identidad al desarrollo territorial y donde se vincula con la historia, la psicología, la lengua, la tradición y el arraigo sociocultural de sus habitantes; por ello debe predominar un verdadero sentimiento de pertenencia que desarrolle la cohesión y motive a cada individuo (Méndez, 2001).

Para el análisis de los espacios geográficos se necesita conocer distancias, interacción, centralización y territorialidad, entre otros. Existen leyes, regulaciones, normas que ayudan a la preparación de modelos de funcionamiento y la evolución de los sistemas espaciales (Méndez, 1994). Para el desarrollo del modelo de potencialidad para la toma de decisiones en la implementación de las energías renovables, se analizaron diferentes aspectos donde se partió fundamentalmente de la cartografía existente y de las normas jurídicas que regulan el uso del suelo en todo el territorio nacional donde se incluyen leyes medioambientales y paisajísticas.

El estudio desarrollado permitirá diversificar la matriz energética, acelerar la introducción de fuentes energéticas nacionales y limpias, mejorar la eficiencia energética, reducir las emisiones de gases contaminantes, disminuir las pérdidas

en la generación, transmisión y distribución y lograr la descentralización energética en el modo de generación distribuida.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo fue desarrollado utilizando como herramienta un SIG, que permitió llevar a la práctica la aplicación de diferentes normas, regulaciones, leyes, decreto leyes, etc. con el objetivo de lograr la ordenación del uso del suelo para la aplicación de las energías renovables (solar, biomasa, hídrica y eólica).

Para desarrollar la ordenación de las energías renovables se realizó el modelo de eficiencia energética para la Isla de Cuba, que permite llevar al espacio un conjunto de criterios basados en normas de protección del medio, el paisaje y las propias infraestructuras de los sistemas renovables de energía. Los criterios han sido formulados como resultado del estudio y consulta de un conjunto de normas internacionales y cubanas, leyes, decretos leyes, reglamentos, manuales técnicos y otros documentos, que refieren y sugieren normativas a tener en cuenta para la implementación de las energías renovables. Paralelamente, se construyeron los parámetros de compatibilidad para la instalación de los sistemas de energía renovable, con objeto de garantizar una adecuada eficiencia de los sistemas y el máximo aprovechamiento de los recursos naturales disponibles (Rodríguez, 2011).

El modelo permitió adecuar las normas existentes en la inversión, que repercutan en la seguridad, eficiencia económica, la estabilidad física y técnica de los sistemas instalados propiamente, con el óptimo aprovechamiento de los recursos naturales en armonía con el entorno territorial y el uso del suelo. Se basa en la determinación de la aptitud del territorio para la inversión en los sistemas productores, de transportación y distribución de energía.

Se empleó el método de superposición de capas a partir de las herramientas que se encuentran disponibles en los SIG, representando espacialmente los criterios de protección especificados para los grupos poblacionales, áreas protegidas, redes eléctricas, pendientes, carreteras, vías férreas, presas, ríos y arroyos, además otros objetivos que pudieran ser de interés particular del territorio que se analice, así como el empleo del sistema para realizar los cálculos necesarios en función de proponer políticas coherentes con el desarrollo energético sustentable del país, en armonía con la protección del medio ambiente.

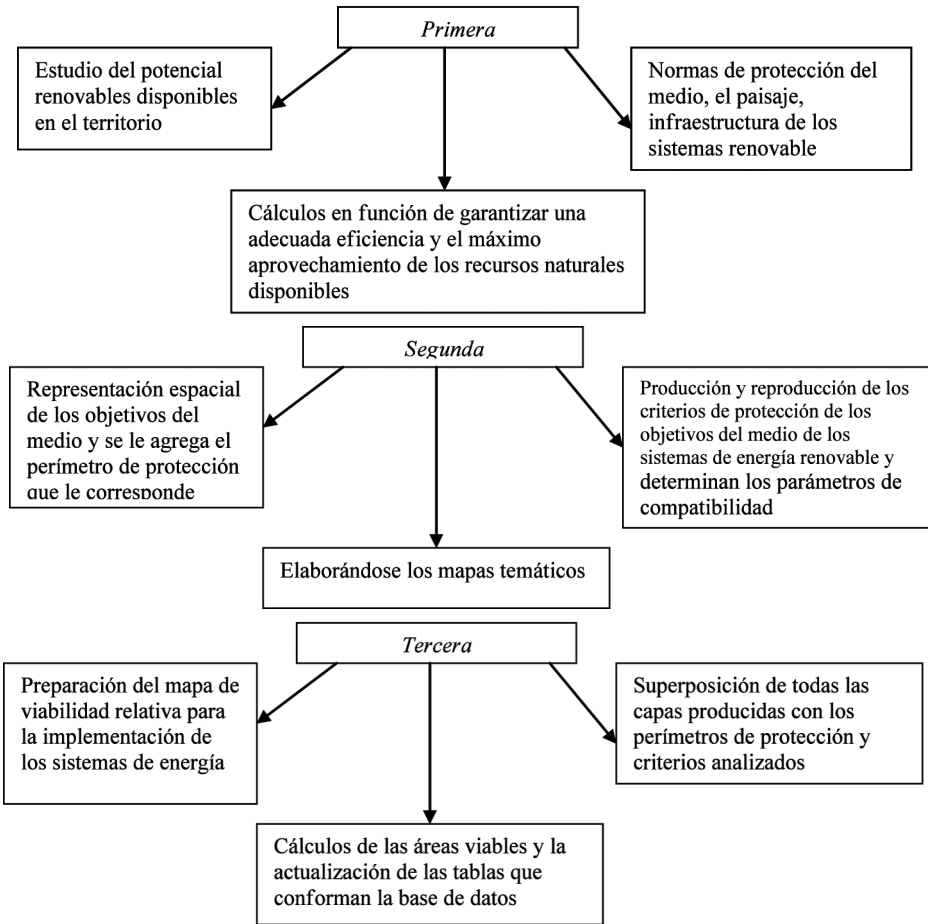
Construye un método sencillo y asequible en su manejo por parte de los gestores de decisión, que sin ser especialistas en informática y con un conocimiento básico del tema, puedan manejar las herramientas disponibles y acceder a datos relevantes, de forma que se viabilice la información necesaria para realizar el proceso de toma de decisiones en el desarrollo energético de los territorios.

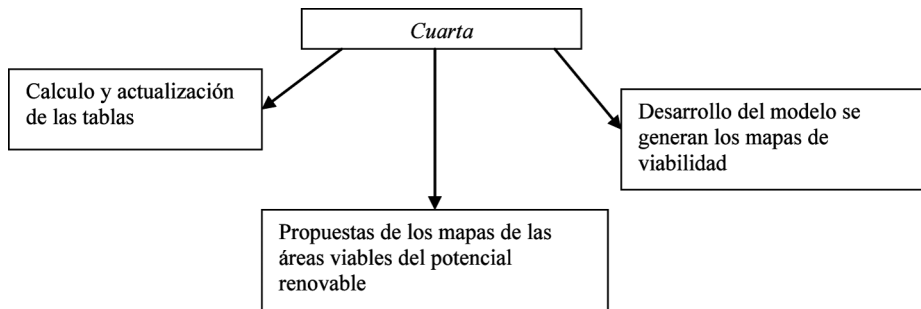
El establecimiento de la idoneidad del territorio para la implementación de las energías renovables (solar, eólica, hídrica, biomasa), se realiza a partir de varios mapas temáticos elaborados en una escala 1:250,000, que por ahora será la principal cartografía. Las fuentes cartográficas utilizadas en los análisis fueron las

siguientes: shape lineal que recoge la red hidrográfica de la Isla de Cuba, según sean ríos, arroyos y cañadas, shape poligonal que recoge las láminas de agua, shape lineal que recoge el sistema de vías, distinguiéndose la autopista nacional, la carretera central y otros viales de interés para el planeamiento de las energías renovables, shape poligonal y puntual que recoge los núcleos poblacionales, sean ciudades, pueblos y asentamientos, shape lineal que recoge las líneas de tendido eléctrico, shape poligonal que recoge las áreas naturales protegidas. shape lineal del relieve, un fichero raster georreferenciado del relieve, un fichero raster con el mapa de radiación solar global y directa que incide en el territorio, Solar and Wind Energy Resource Assess (SWERA), un raster que representa el mapa eólico de la Isla de Cuba y un shape poligonal de sitios para realizar inversiones eólicas, un shape puntual de los centrales azucareros.

Se utilizaron otras fuentes de información cartográfica del Municipio Guamá, Provincia Santiago de Cuba y Cuba, mapas puntuales de biomasa del café, sistemas renovables que se aplican, biomasa forestal, biogás, eficiencia energética, molinos de viento, etc.

El modelo desarrolla en varias etapas de trabajo:





Con la información procesada hasta este momento se desarrolla la quinta etapa, que consiste en determinar el índice de eficiencia según la infraestructura eléctrica. Para ello se construye el mapa de aptitud de zonas para la implementación de los sistemas de energía; en este caso se produce un mapa por cada tipo de energía a implementar, pues los criterios de protección y los parámetros de compatibilidad se aplican diferenciadamente, en correspondencia a la variante energética seleccionada.

Al mapa de viabilidad para la implementación de la energía se le adiciona el parámetro de compatibilidad, permitiendo calcular y visualizar la información adecuada y facilitar la determinación de las zonas más idóneas para la inversión en los sistemas de energía a implementar. Tomando como base la información elaborada en las etapas anteriores, se estudia y determina el índice de eficiencia según la infraestructura eléctrica.

Para la selección de criterios se utilizaron 29 normas internacionales, 41 normas cubanas y más de 15 documentos que legislan, reglamentan o sugieren medidas concretas en el desarrollo energético.

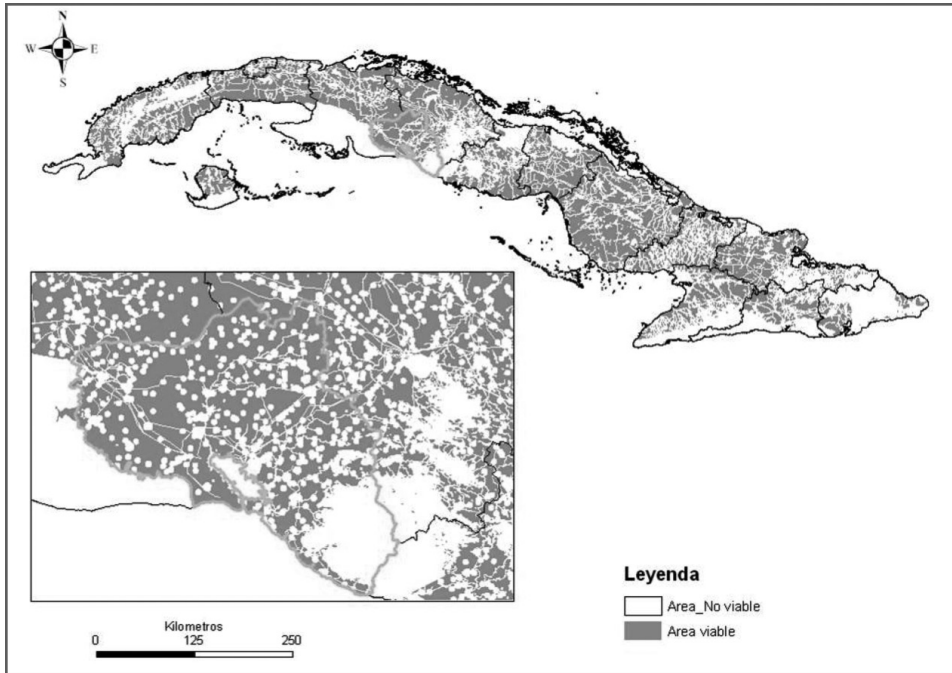
### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se elaboraron los mapas cumpliendo las normas establecidas a partir de la metodología empleada para cada objetivo estudiado, logrando como resultado final el mapa de viabilidad relativa para la implementación de todos los sistemas de energías mostrado en la figura 1.

La información obtenida en el mapa ayudará a definir las áreas donde se puedan realizar las inversiones en energías renovables, para ello se analiza la cartografía del potencial de cada fuente y, luego se hace la estimación de las áreas potencialmente explotables teniendo en cuenta todos los parámetros económicos, ambientales y sociales planteados.

El área total de la Isla de Cuba es equivalente a 109.886 Km<sup>2</sup> y a partir de la valoración de los perímetros de protección de las diferentes variables que influyen para posibles inversiones de energías renovables y no renovables, calculándose el área viable relativa para estos sistemas, siendo de 46.925 Km<sup>2</sup>, que representa el 42,7 % del espacio territorial.

FIGURA 1. Viabilidad relativa para la implementación de todos los sistemas de energías



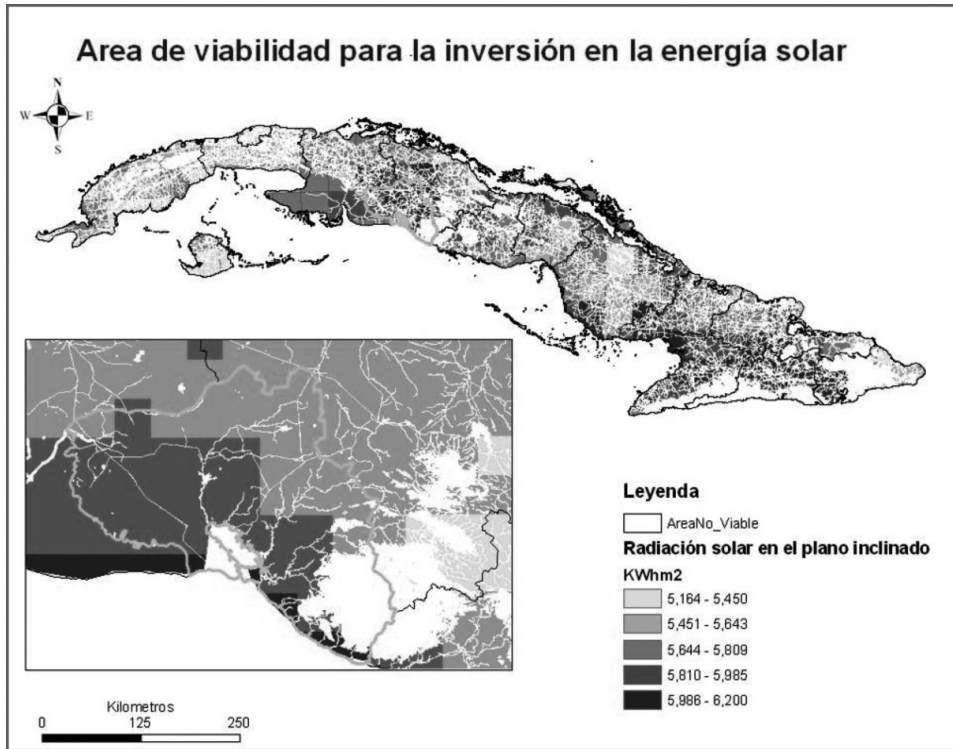
Es necesario significar que para los análisis particulares en la inversión de las energías renovables, se ha tenido en cuenta las capas con los perímetros de protección y los parámetros de compatibilidad de las diferentes variables, en correspondencia a los intereses requeridos por cada fuente renovable de energía.

### 3.1. Energía solar

En el caso de la energía solar se valoran las siguientes: el mapa de la radiación solar global y las capas correspondientes a las zonas no viables según los criterios de protección elaborados y que en este caso se señalan los relativos a las carreteras, las pendientes, líneas férreas, así como ríos, arroyos y presas. Esta situación obedece a que este tipo de energía puede implementarse en los poblados, en las áreas protegidas de manera controlada y las redes eléctricas se tienen en cuenta para determinar el parámetro de compatibilidad en función de determinar la viabilidad de la energía producida. La información se muestra en el mapa de la figura 2.

A partir de la valoración de los perímetros de protección de las diferentes variables que influyen, así como los otros objetivos del espacio territorial donde es posible desarrollar inversiones de energía solar, el manejo y análisis de la información se calculó el área viable para estos sistemas, siendo de 85.586 Km<sup>2</sup> que representa el 77,89 % del espacio territorial, con una potencia disponible para instalar de aproximadamente de 998 GW.

FIGURA 2. Viabilidad del territorio para la inversión en la energía solar



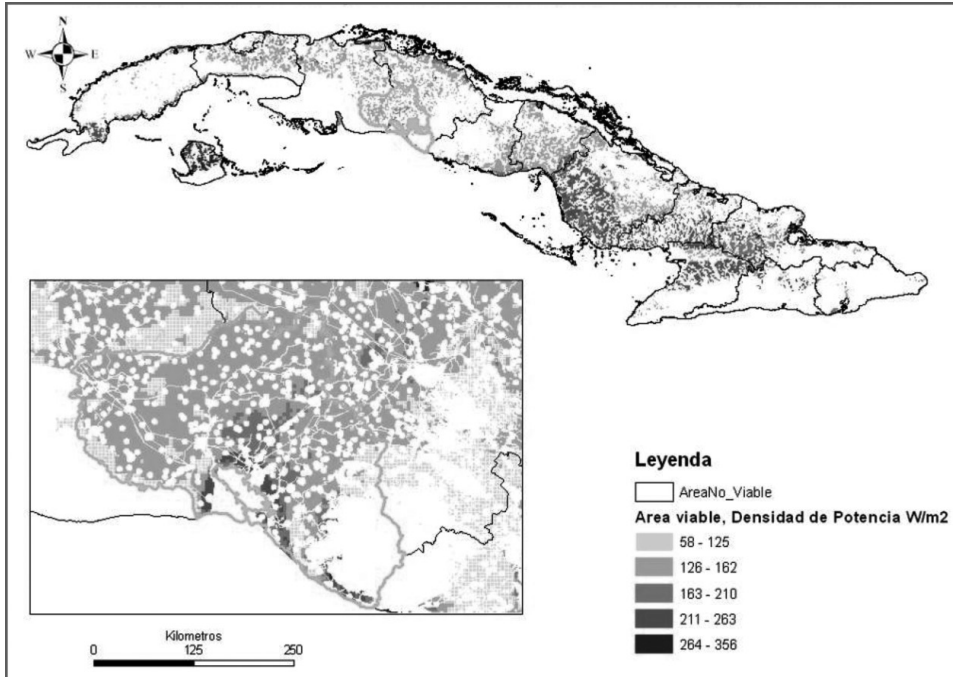
### 3.2. Energía eólica

En el análisis y estudio de la energía eólica se determinó la viabilidad para su implementación, teniéndose en cuenta como áreas no viables los núcleos poblacionales, áreas protegidas, pendientes, líneas férreas; así como arroyos, ríos y presas, utilizando como base la información contenida en el mapa de densidad de potencial de viento elaborado por SWERA, siendo necesario señalar que del área total del país, sólo en 82.776 Km<sup>2</sup> existe densidad de viento con valores aceptables para el estudio, es decir densidades de viento igual o superior a 16 W/m<sup>2</sup> y hasta 547 W/m<sup>2</sup>, teniendo en cuenta la posibilidad de instalación desde pequeños sistemas hasta campos eólicos. En la figura 3, se observa la información obtenida.

A partir de la valoración de las diferentes variables que influyen en el territorio y teniendo en cuenta los valores que se poseen en la base de datos, se calculó el área viable para estos sistemas, siendo de 76.181 Km<sup>2</sup>, que representa el 69,32 % del espacio disponible. La densidad de viento que incide en estas áreas es equivalente a una potencia a instalar de 643 GW.

Las redes eléctricas y las carreteras constituyen elementos de viabilidad para la instalación de estos sistemas. Las primeras para la evacuación de la energía

FIGURA 3. Viabilidad del territorio para la inversión en energía eólica



eléctrica producida y las segundas aseguran la cobertura viaria para el traslado de la infraestructura necesaria, evitando las nuevas construcciones y reduciendo los costes económicos, así como el impacto medioambiental y paisajístico.

Se puede significar que, en función de lograr el óptimo aprovechamiento del viento en zonas con criterios de protección, puede analizarse su instalación dentro de los límites de estas, para lo que será necesario un profundo y detallado análisis de factibilidad y de impacto en el paisaje y al medio ambiente.

### 3.3. Energía hídrica

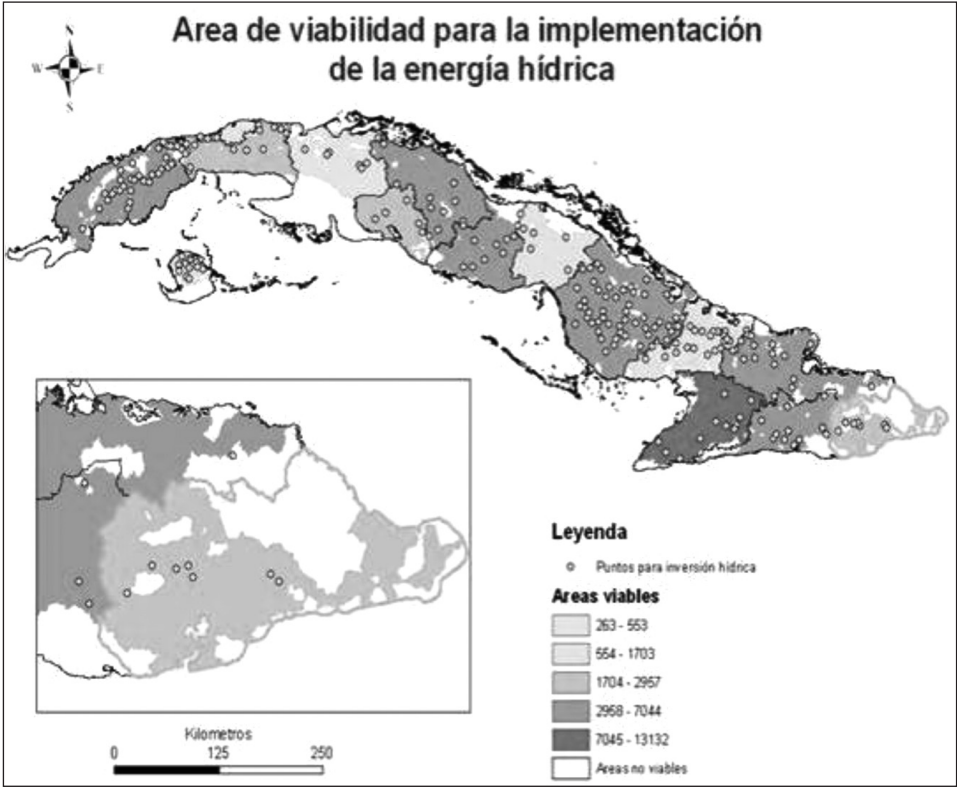
La viabilidad del territorio para la implementación de los sistemas hídricos se determina por el nivel de eficiencia que se puede obtener de la tecnología implementada.

Para la determinación de la viabilidad del territorio, en interés de realizar nuevas inversiones relacionadas con esta energía renovable, se hace un análisis a partir del mapa de potencial hídrico y la capa correspondiente al área de protección de las áreas protegidas. Esta información permite valorar las zonas viables para la inversión, se puede apreciar en la figura 4 el marco de viabilidad para la implementación de los sistemas hídricos. En este caso están representados puntualmente en lugares de vertimiento de presas y caídas pronunciadas de ríos.



Existen algunas particularidades relacionadas con este tipo de energía que para la situación energética de Cuba, se convierte en una atractiva opción por el significado de su aporte energético al desarrollo del país. Como resultado del análisis de los datos que se poseen y el estudio realizado se considera que las 233 fuentes hídricas estudiadas son viables para la realización de inversiones consistentes de sistemas generadores de energía eléctrica, ocupando un espacio territorial equivalente a 11.750 Km<sup>2</sup>, con una potencia disponible para ser instalada de aproximadamente 97 MW (Paso, 2009).

FIGURA 4. Viabilidad del territorio para la inversión en energía hídrica



### 3.4. Estudio de la biomasa

La viabilidad del territorio para la implementación de los sistemas de biomasa se determina a partir de la generación y cogeneración que puede producirse con diferentes tipos de biomasa que se encuentran disponibles en el territorio.

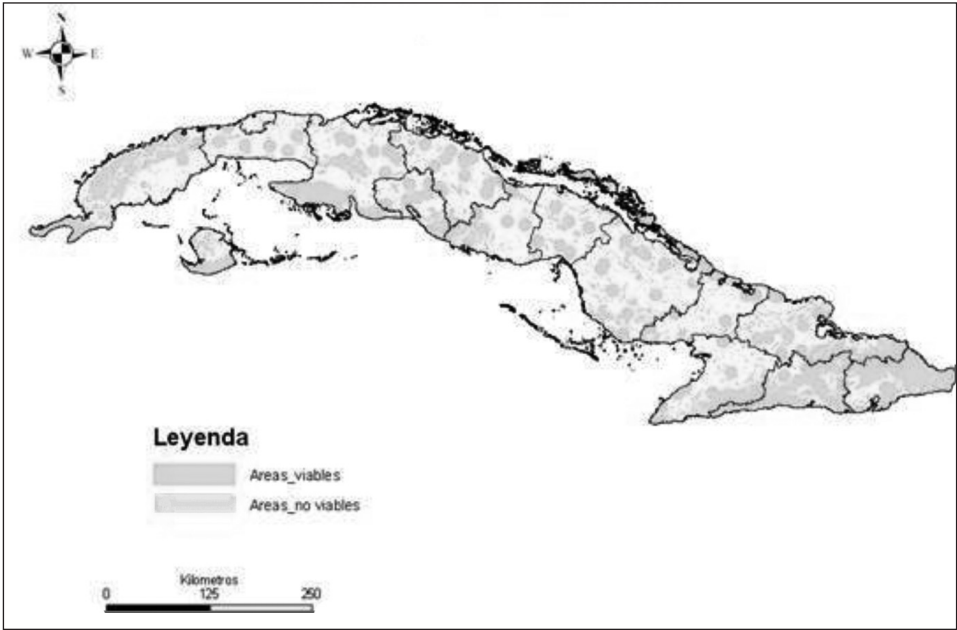
Conociendo que se pueden desarrollar tecnologías para su conexión a red o pequeñas redes que satisfacen la demanda de determinadas comunidades, intervienen los parámetros de compatibilidad con los fines de su instalación así como los sistemas destinados a dotar de energía a comunidades aisladas, donde

también se tendrán presentes los requisitos en función de garantizar la máxima eficiencia.

Para la determinación de la viabilidad del territorio en interés de implementar inversiones relacionadas con la energía producida por la quema de biomasa, se hace un análisis a partir del mapa de potencial de biomasa y la capa correspondiente al área de protección de las áreas protegidas y asentamientos poblacionales logrando con esta información valorar las zonas viables para la inversión en este tipo de energía.

Esta información se observa en la figura 5, donde se aprecia el mapa de viabilidad para la implementación de los sistemas de generación eléctrica con biomasa. El estudio realizado y los datos que se poseen, permitió determinar que las zonas viables para la implementación de este tipo de energía ocupan una superficie de 48.052 km<sup>2</sup> y que pueden generar aproximadamente 3,6 millones de toneladas de biomasa al año, con un coeficiente de potencia eléctrica disponible a instalar de 320 MW.

*FIGURA 5. Viabilidad del territorio para la implementación de los sistemas de generación eléctrica con biomasa*



A partir de las herramientas del sistema y tomando como base la información cartográfica existente sobre los potenciales de las diferentes fuentes de energía, así como los datos de las distintas tablas de la base de datos, se pudo calcular el área viable para cada tipo de fuente en correspondencia con la aplicación de los criterios de protección elaborados, además se determinó la potencia total.

Un procedimiento similar se realizó para la determinación de la aptitud del territorio en función de acometer las nuevas inversiones de los sistemas conectados a la red. En la cuadro 1, se muestran los resultados de las áreas viables para cada tipo de fuente, así como las áreas aptas para su implementación y la cantidad total de energía que se puede generar.

CUADRO 1. Áreas viables y con aptitud para la inversión de fuente renovable y la energía que se puede generar

TIPO DE ENERGÍA	AREAS DE VIABILIDAD		APTITUD PARA LA INVERSIÓN sistemas conectados a red	
	Área Km <sup>2</sup>	Potencia MW	Área Km <sup>2</sup>	Potencia MW
Solar Fotovoltaica	85.586,00	998.280,00	36.762,00	209.540,00
Eólica	76.181,00	643.620,00	32.649,08	195.520,00
Hídrica	11.750,10	97,43	7.479,00	50,48
Biomasa	48.052,00	320,00	16.289,00	108,47

#### 4. CONCLUSIONES

Con la metodología empleada se pudo obtener los mapas de viabilidad territorial a escala 1:250000 para la implementación de las inversiones de cualquier tipo de energía y, en particular, las energías renovables solar, eólica, hídrica y la biomasa.

Los resultados obtenidos facilitan el desarrollo y la planificación energética a nivel nacional; para estudios regionales y locales se propone trabajar a otras escalas que brinden más información del espacio ocupado.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ARENCEBIA, M.E.: «El uso de los sistemas de información geográfica —SIG— en la planificación estratégica de los recursos energéticos», *Revista de Universidad Bolivariana*, v n° 7(20), p. 227-238.
- DOMÍNGUEZ, J. (2002): *La integración económica y territorial de las energías renovables y los sistemas de información geográfica*, Universidad Complutense de Madrid (UCM), Madrid, p. 471.
- MÉNDEZ, E.J. and M.d.C. LLORET (2001): «Elementos para la planificación territorial en Cuba», *Revista Comercio Exterior de México*.
- MÉNDEZ, R. (1994): *Espacio y sociedades. Introducción a la Geografía Regional del mundo*, Ariel, Barcelona.
- PASO (2009): «Qué es la hidroenergía». Presentación al *Congreso Internacional de Ing. Eléctrica*, Habana, Cuba.
- RODRÍGUEZ, M.: *La ordenación y la planificación de las fuentes renovables de energía en la Isla de Cuba desde una perspectiva territorial. Estudio de caso en el municipio de Guama a partir de un Geoportal*. En fase de edición.