

## EVALUACIÓN MULTICRITERIO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN PROYECTOS DE ORDENACIÓN TERRITORIAL

Silvina Belmonte<sup>1</sup>, Judith Franco<sup>2</sup>, Virgilio Núñez<sup>3</sup>, José Viramonte<sup>4</sup>  
CONICET - Universidad Nacional de Salta  
IRNED - INENCO – GEONORTE  
Avda. Bolivia 5150 – B° Castañarez – CP 4400 - Salta  
Tel.: 0387-4255438 –  
E-mail: [silvibel@unsa.edu.ar](mailto:silvibel@unsa.edu.ar)

### RESUMEN

La evaluación de Energías Renovables se plantea en un contexto de Ordenación Territorial, como estrategia para el desarrollo regional, mejora de la calidad de vida y del ambiente. Los Sistemas de Información Geográfica y técnicas de Evaluación Multi-Criterio constituyen el eje metodológico del trabajo. Los modelos de Capacidad de Acogida basados en aptitudes, impactos y riesgos, permiten espacializar los potenciales usos. En el diagnóstico territorial (a través del sondeo exploratorio y talleres), las energías no convencionales son detectadas como potencialidades y oportunidades para la región. En una primera valoración de estas alternativas, surge como prioritaria para la zona baja - el valle -, el aprovechamiento de biomasa (residuos domiciliarios y productivos). En la zona montañosa se valoran con mayor peso, aplicaciones solares diversas y microturbinas. El abordaje de energías renovables, desde una óptica multidisciplinar integrada al ambiente, constituye un punto clave en los procesos de zonificación y planificación territorial.

**PALABRAS CLAVES:** Energías Renovables, Ordenación Territorial, Evaluación Multicriterio, SIG.

### INTRODUCCIÓN

La OT es entendida como la proyección espacial de una estrategia de desarrollo económico y social. Como explica Gómez Orea (1992), esto supone un tipo de planificación que integre aspectos económicos y físicos a través de un enfoque interdisciplinario y transdisciplinario.

En el marco de un proyecto de investigación<sup>5</sup> y beca de postgrado<sup>6</sup> de “Ordenación Territorial del Valle de Lerma” se plantea valorar y evaluar diferentes tipos de energías renovables (solar, microturbinas, biomasa y eólica) y sus combinaciones, como alternativas productivo-ambientales para la Ordenación Territorial (OT) de la zona. La utilización de energías no convencionales estaría orientada en este sentido, al desarrollo regional, el uso sostenible de los recursos naturales y la mejora de la calidad de vida de los pobladores, principalmente de zonas rurales.

### METODOLOGÍA

La utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas de Evaluación Multi- Criterio (EMC) constituyen las herramientas básicas para abordar esta temática con una visión integradora y amplia.

El proyecto general incluye tres etapas de trabajo, fuertemente interrelacionadas entre sí:

- ✓ Diagnóstico territorial. Recopilación de información básica y elaboración del SIG.
- ✓ Evaluación multicriterio y multiobjetivo para la propuesta de un modelo territorial general de asignación de usos del suelo.
- ✓ Evaluación multicriterio para la generación de un modelo de capacidad de acogida para el uso de energías renovables.

En la EMC se definen tres componentes básicos: una serie de *alternativas* a evaluar en base a determinados *criterios*, para el logro de uno -o varios- *objetivos* en común. (Barredo Cano, 1996)

La propuesta de zonificación incluye la evaluación de las siguientes alternativas de usos del suelo para el Valle de Lerma: actividades productivas primarias (agricultura, ganadería, actividad forestal, caza y pesca, minería, generación de energía); infraestructura (áreas urbanas, redes y servicios); áreas de conservación y recuperación; turismo y recreación.

---

<sup>1</sup> Becaria CONICET. Investigador Proyecto 1345 CIUNSA: “Ordenación Territorial del Valle de Lerma.”

<sup>2</sup> Investigador adjunto CONICET.

<sup>3</sup> Director Instituto de Recursos Naturales y Ecodesarrollo (IRNED). Director Proyecto 1345 CIUNSA.

<sup>4</sup> Investigador principal CONICET. Director Instituto GEONORTE.

<sup>5</sup> Proyectos CIUNSA N° 1001 (2000-2004) y N° (2005-2007) : “Ordenación Territorial del Valle de Lerma”.

<sup>6</sup> Beca de Postgrado Tipo I CONICET. Área Ciencias de la Tierra. “Evaluación Multicriterio para la Ordenación Territorial del Valle de Lerma (Salta-Argentina)”. Becaria: Ing. Silvina Belmonte. Director: Dr. José Viramonte.

La posibilidad de implementar energías renovables en la zona, se evalúa en primera instancia como una alternativa de generación de energía en el proyecto general. En una segunda etapa de análisis más detallado, se evalúan en profundidad posibles aplicaciones para cada tipo de energía renovable (por ejemplo, para energía solar: secaderos, invernaderos, paneles solares, construcciones bioclimáticas, etc.) y su relación con otras alternativas de usos del suelo. Para cada alternativa de uso del suelo y opción energética se desarrolla un Modelo de Capacidad de Acogida, los que se integran para la zonificación final en un modelo de Asignación de usos prioritarios.

Los criterios de evaluación (aptitudes, impactos, riesgos y limitantes) son definidos y ponderados para cada alternativa de uso, a partir de experiencias anteriores de Ordenación, opiniones de profesionales y los mismos pobladores e interesados en la zona. Cada uno de los criterios considerados son espacializados como mapas temáticos, para posibilitar el procesamiento digital en el SIG y el desarrollo de los Modelos de Capacidad de Acogida en programas específicos.

Tanto la elaboración de las capas temáticas (SIG), como la ponderación y valoración de los criterios utilizados para el análisis de las alternativas de uso en general y de las energías renovables en particular, requiere del desarrollo de modelos espacio-temporales matemáticos, estadísticos e informáticos que permitan resolver los problemas de zonificación y la necesidad de información de base en formato raster (todo el espacio geográfico segmentado en unidades discretas – celdas –). Técnicas sociales de consulta como encuestas, entrevistas, sondeo exploratorio y talleres multidisciplinarios-multisectoriales, complementan el proceso de evaluación, permitiendo incorporar en el modelo a los diferentes actores sociales (pobladores, profesionales, técnicos, productores, decisores, etc.).

Finalmente se plantea una confrontación de la situación actual con los escenarios propuestos y un análisis comparativo con energías convencionales. Mediante simulaciones y consultas se evalúan los usos compatibles y no compatibles y se proponen pautas orientadoras para la planificación territorial.

Los software utilizados son variados, para el desarrollo del SIG y modelado digital: Idrisi Kilimanjaro, familia de Arc Gis 9.0, programas CAD y de procesamiento de imágenes; para análisis estadístico y presentación de información: planillas de cálculo, Info Stad, procesadores de texto; para la determinación del potencial energético de diferentes recursos: eólico - Argentina Map, solar - Geosol, entre otros.

## AVANCES

**Diagnóstico Territorial:** Con respecto a la información básica, actualmente se está elaborando y ajustando la base cartográfica del SIG. Modelos climáticos, hidrológicos y otras variables de interés (cobertura, pendientes, suelos, etc.) fueron espacializados como capas temáticas raster para su incorporación en el SIG. En este sentido, el procesamiento de imágenes satelitales<sup>7</sup> y trabajo con Modelos Digitales del Terreno (MDT) resultó de gran relevancia.

Por otra parte, mediante Talleres multidisciplinarios lograron definirse los principales problemas y potencialidades territoriales. Las energías renovables pueden asociarse a diferentes ítems surgidos del análisis FODA planteado:

- Particularmente aplicaciones solares, de biomasa y de microturbinas, fueron definidas claramente como **oportunidades** para la región.
- En el análisis de las **fortalezas** se destacó un elevado potencial agroecológico en la zona, lo que sumado al aumento de la conciencia ambiental ofrece un panorama destacado para el desarrollo de energías no convencionales.
- Como **debilidad** de la zona de valle, fue destacado el problema de los desechos industriales, domiciliarios y residuos agronómicos, para lo cual la transformación en energía de biomasa resulta una alternativa interesante.
- En la zona montañosa, las **debilidades** fueron asociadas principalmente a necesidades básicas insatisfechas de la población con el consecuente proceso migratorio y “vaciamiento de los cerros”. La generación de energía por medios no convencionales en estos sitios aislados ayudaría a mejorar la calidad de vida de los pobladores, a la vez que posibilitaría mayor eficiencia en algunos procesos productivos.
- Dentro de las **amenazas** territoriales se destacaron: degradación del medio ambiente y potenciales crisis energéticas, para lo cual, las energías renovables constituyen también una opción a tener en cuenta para la planificación.

**Alternativas de usos del suelo y recursos:** En los talleres de OT, la generación de energía fue ponderada junto a las áreas de conservación, como una de las principales alternativas de uso para la zona montañosa. Dentro de ésta, la energía solar alcanzó la mayor ponderación (0.23), le siguieron microturbinas y energía convencional (0.215), luego energía eólica (0.20) y por último energía de biomasa (0.14) que es la que actualmente más se utiliza (leña).

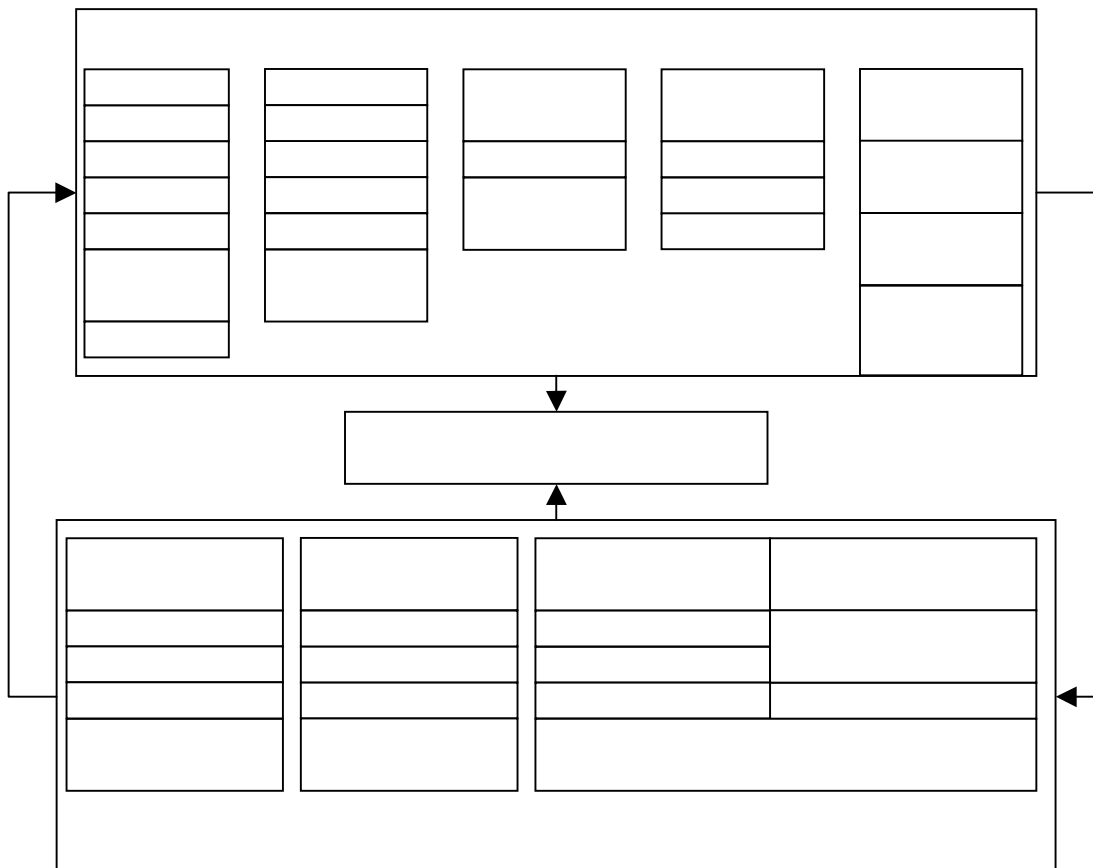
Para la zona de Valle intermontano, como alternativa productiva, la generación de energía ocupó el segundo lugar, luego de las actividades agrícolas. En este caso, el mayor peso fue asignado a la energía hidroeléctrica convencional (0.46). Dentro de las energías renovables resultó más valorada la energía de biomasa (0.21) aunque la implementación de otros tipos de energía (solar, eólica y microturbinas) también fue valorada positivamente (0.11).

**Criterios de Evaluación:** Los criterios de valoración definidos para las energías no convencionales, incorporan tanto aspectos físico naturales (que son los que definen la **potencialidad** del ambiente para su desarrollo) como aspectos técnicos,

---

<sup>7</sup> Imágenes satelitales LANDSAT y SAC-C, provistas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) a través del Proyecto AO N° 45.

sociales y económicos (relacionados con su **factibilidad** de aplicación y la **aceptabilidad** social) (Figura 1). La evaluación de los impactos incluye la valoración de los efectos positivos y/o negativos que produciría cada alternativa energética en el caso de implementarse. Los riesgos son definidos como la suma de peligrosidad + vulnerabilidad del territorio, asociado a factores naturales y/o antrópicos, que pueden llegar a producir consecuencias negativas sobre la alternativa evaluada.



**Figura 1:** Factores a tener en cuenta para la evaluación de Energías Renovables en el Valle de Lerma

## CONCLUSIONES

En el contexto de la OT, el análisis de energías renovables se plantea como estrategia para: revitalizar áreas “olvidadas” (zonas de montaña); mejorar la calidad de vida; cubrir la demanda energética creciente de sistemas productivos y sociales; prevenir, minimizar y/o mitigar impactos ambientales generados por actividades productivas; generar emprendimientos económicos diversos; potenciar el aprovechamiento sustentable y sostenible de los recursos naturales; responder ante el colapso de los sistemas tradicionales de producción de energía, asociado a riesgos naturales y/o antrópicos. Finalmente, la complejidad del sistema permite inferir la necesidad del trabajo interdisciplinario, a los fines de generar propuestas territoriales integrales que puedan orientar la toma de decisiones.

## REFERENCIAS

- Barredo Cano, J. I. – 1996 – *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio*. Ed. RA-MA. Madrid. España. 264 pág.
- Gómez Orea, D. - 1985 – *El Espacio rural en la ordenación del territorio*. Serie Técnica. Instituto de Estudios Agrarios, Pesqueros y Alimentarios. España. 539 pag.

**ABSTRACT:** The evaluation of Renewable Energies considers in a context of Territorial Arrangement, like strategy for the regional development, improves of the quality of life and the environment. The Geographic Information System and techniques of Multi-Criterion Evaluation constitute the methodologic axis of the work. The models of Capacity of Reception based on aptitudes, impacts and risks, allow to map the potentials uses. In diagnose territorial (through exploratory sounding and workshops), the nonconventional energies are detected like potentialities and opportunities for the region. In one first valuation of these alternatives, it arises like high-priority for the low zone - the valley -, the biomass advantage (domiciliary and productive remainders). In the mountainous zone they are valued with greater weight, diverse solar applications and microturbines The boarding of renewable energies, from an optics to multidiscipline integrated to the environment, constitutes a key point in the zonificación processes and territorial planning.