

# ESTIMACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL PARA COCHABAMBA UTILIZANDO MODELOS DE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA E IMÁGENES SATELITALES

Número 17



Industria Energía & Ambiente

Boletín Informativo de ENERGETICA

Cochabamba, Febrero 2009

## EL PROYECTO

Las fuentes de energía renovable, particularmente para tecnologías solares, son fuertemente dependientes de las condiciones y fenómenos climatológicos y están también afectadas por procesos microclimáticos.

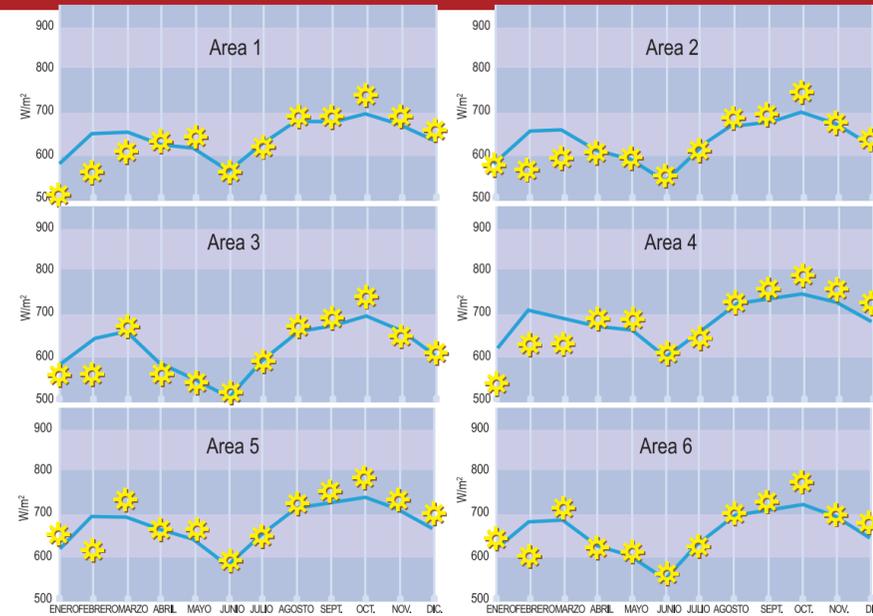
Ya que una red de estaciones para caracterizar el régimen de radiación solar en todo el país resultaría muy costosa, se han utilizado métodos indirectos para estimarla por medio de otras mediciones, como insolación o nubosidad y se deben utilizar modelos numéricos, conocimiento empírico de las características microclimáticas y observaciones indirectas derivadas del análisis y observaciones de datos provenientes de sensores remotos localizados en satélites para desarrollar un conocimiento de las características geo espaciales así como de la extensión de estos recursos.

Desde la aparición de los satélites meteorológicos se abrió una nueva perspectiva para es-

timar parámetros de radiación y se han realizado estudios encaminados a ello. En los últimos 30 años la literatura especializada reporta diversos métodos de cálculo de la radiación solar, con distintos grados de complejidad.

En este trabajo, con base en la implementación de técnicas de interpolación, se estiman los niveles de radiación solar en el Departamento de Cochabamba a partir de datos de irradiación solar obtenidos de imágenes satelitales procesadas con la metodología SSE (Surface meteorology and Solar Energy) de la NASA.

Con estos valores de radiación, se obtuvo la distribución temporal y espacial de la radiación solar para el Departamento de Cochabamba mediante un proceso de interpolación utilizando el paquete de análisis geostadístico ILWIS, considerando datos de 16 grillas de  $1^\circ \times 1^\circ$  que abarcan el departamento.



Comparación de los valores simulados (metodología SSE) y medidos experimentalmente de la intensidad promedio de tres horas pico para el Departamento de Cochabamba.

## CONCLUSIONES

Las diferencias que eventualmente pueden ser encontradas entre los valores estimados y medidos en superficie de radiación solar pueden ser debidas al hecho de que, los valores medidos en superficie corresponden a una localización particular con sus correspondientes características geográficas y climatológicas, en cuanto que los datos obtenidos por los satélites abarcan extensiones entre  $1^\circ \times 1^\circ$  que derivan en condiciones climáticas diferentes.

El método de cálculo de la radiación solar global a partir de imágenes satelitales desarrollado ha obtenido resultados comparables a otros revisados en la bibliografía.

Es recomendable que en lo sucesivo los valores calculados se comparen con datos registrados y no con sumas diarias hechas a partir de mediciones instantáneas. Esto será posible a partir de la instalación de piranómetros con registro automático en un mayor número importante de estaciones meteorológicas.

A pesar del incremento en cuanto al número de estaciones, es necesario el establecimiento de un número mayor, en sitios elegidos estratégicamente de acuerdo a criterios de evaluación del recurso solar, para asegurar una cobertura suficiente del país.

Así mismo, es importante incorporar las bases de datos de radiación solar a los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que ofrezcan a aquellos que requieren de estos datos las herramientas diversas relacionadas con el recurso solar.

Este tipo de herramientas ya se han desarrollado en otros países y constituyen un factor decisivo para el impulso a las energías renovables, al dar un grado mucho mayor de certidumbre a la toma de decisiones.

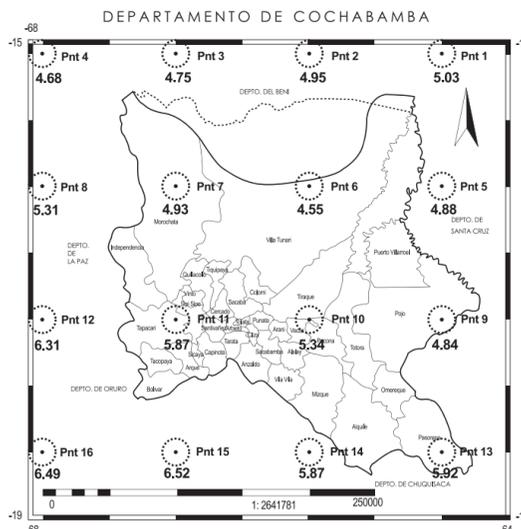
## METODOLOGIA

Para este trabajo se realizó un estudio comparativo y de validación entre los valores de radiación medidos experimentalmente y aquellos estimados por la NASA para la Ciudad de Cochabamba empleando modelaje en MATLAB.

Debido a la resolución de las imágenes satelitales, se obtiene un valor promedio de radiación para un área comprendida entre  $1^\circ$  de latitud y  $1^\circ$  de longitud.

El Departamento de Cochabamba se encuentra entre los  $64^\circ$ - $69^\circ$  de longitud oeste y  $16^\circ$ - $19^\circ$  de latitud sur abarcando un total de 16 grillas, por lo que el valor de radiación promedio corresponde al centro de la grilla considerada.

Con este criterio, se asignaron para el centro de las 16 grillas el valor correspondiente de radiación solar de la base de datos SSE.



Mapa de distribución geográfica de los puntos en el centro de las grillas y mapa de magnitud anual de radiación asignados a los puntos de referencia en unidades de kWh/m<sup>2</sup>-día.

El método de interpolación empleado para obtener los valores estimados de los niveles de radiación usó una metodología denominada: Superficie Móvil Distancia Inversa con exponente de peso 1, distancia esférica y segundo grado parabólico; es el método más adecuado para interpolar datos satelitales.

## La Estimación de la Radiación Solar a partir de Imágenes Satelitales

La gran ventaja de los métodos de estimación de radiación basados en imágenes satelitales es precisamente su resolución espacial.

Con ellas es posible generar mapas de radiación solar con una resolución muy detallada (de 2 a 10 Km<sup>2</sup>) sobre regiones específicas. Esto los convierte en una fuente de información muy adecuada, por ejemplo, para ser integrada en Sistemas de Información Geográfica (SIG).

De la revisión de diferentes métodos se puede ver que existen diferencias entre el 12 y 15% entre los valores estimados con datos satelitales y los valores obtenidos por mediciones directas.

A pesar de las ventajas que presenta la estimación de la irradiancia solar a partir de información satelital, no se debe menospreciar la importancia de una red terrestre que provea información de un número grande

de puntos de monitoreo bien distribuidos sobre un territorio dado.

Para que los métodos satelitales den resultados más precisos, es necesario calibrarlos (sintonizarlos) con datos de superficie, lo cual requiere de una buena cobertura de una red terrestre constituida por estaciones situadas estratégicamente.

En Bolivia no se tiene referencia sobre algún trabajo que utilice la metodología de las imágenes satelitales para estimar los niveles de radiación solar.

Sin embargo, se han realizado varios estudios de la distribución de la radiación solar, basados fundamentalmente en la dependencia de ésta con otras variables que se miden en un número grande de estaciones, como la cantidad de horas con brillo solar, aplicando fórmulas empíricas de tipo Ångström.

## Estimación de la Radiación Solar a partir de Imágenes Satelitales aplicando la metodología SSE de la NASA

El proyecto ESE (Earth Science Enterprise) de la NASA ha proporcionado un sistema de satélites de investigación para proporcionar datos importantes para el estudio del clima y procesos climáticos.

Estos datos incluyen estimaciones de un periodo largo de tiempo de cantidades meteorológicas y energía solar en la superficie de la tierra.

Como resultado del proyecto ESE surge el banco de datos de radiación SSE de la NASA que reúne un conjunto de datos que engloban parámetros meteorológicos usados para diseñar sistemas de energías renovables.

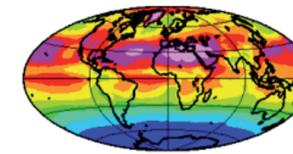


Figura 1a

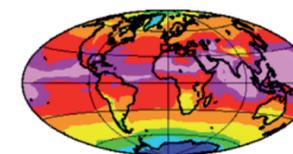


Figura 1b

Figura (1a). Distribución geográfica de la radiación de onda corta (SW) en un periodo de 8 años para el mes de julio (W/m<sup>2</sup>).

Figura (1b). Distribución geográfica de la radiación de onda larga (LW) en un periodo de 8 años para el mes de julio (W/m<sup>2</sup>).

La distribución de la radiación SW es primordialmente zonal, modulada por la distribución de las nubes. Los valores máximos se encuentran en el Ártico, Groenlandia y las regiones subtropicales del Hemisferio Norte.

Los valores máximos de la radiación LW se localizan sobre amplias regiones en los trópicos con un decrecimiento gradual hacia los polos.

Los valores mas altos ocurren sobre áreas que exhiben temperaturas superficiales elevadas tal como los desiertos subtropicales y áreas con abundancia de nubes y vapor de agua.



**ENERGETICA**  
ENERGIA PARA EL DESARROLLO  
Calle La Paz N°E-0573  
Tel./Fax: +591-4-42 53825 / 42 53647  
E-mail: energetica@energetica.org.bo  
www.energetica.org.bo  
Cochabamba - Bolivia

## Estimación de la Radiación Solar Global para Cochabamba utilizando modelos de Sistemas de Información Geográfica e Imágenes Satelitales

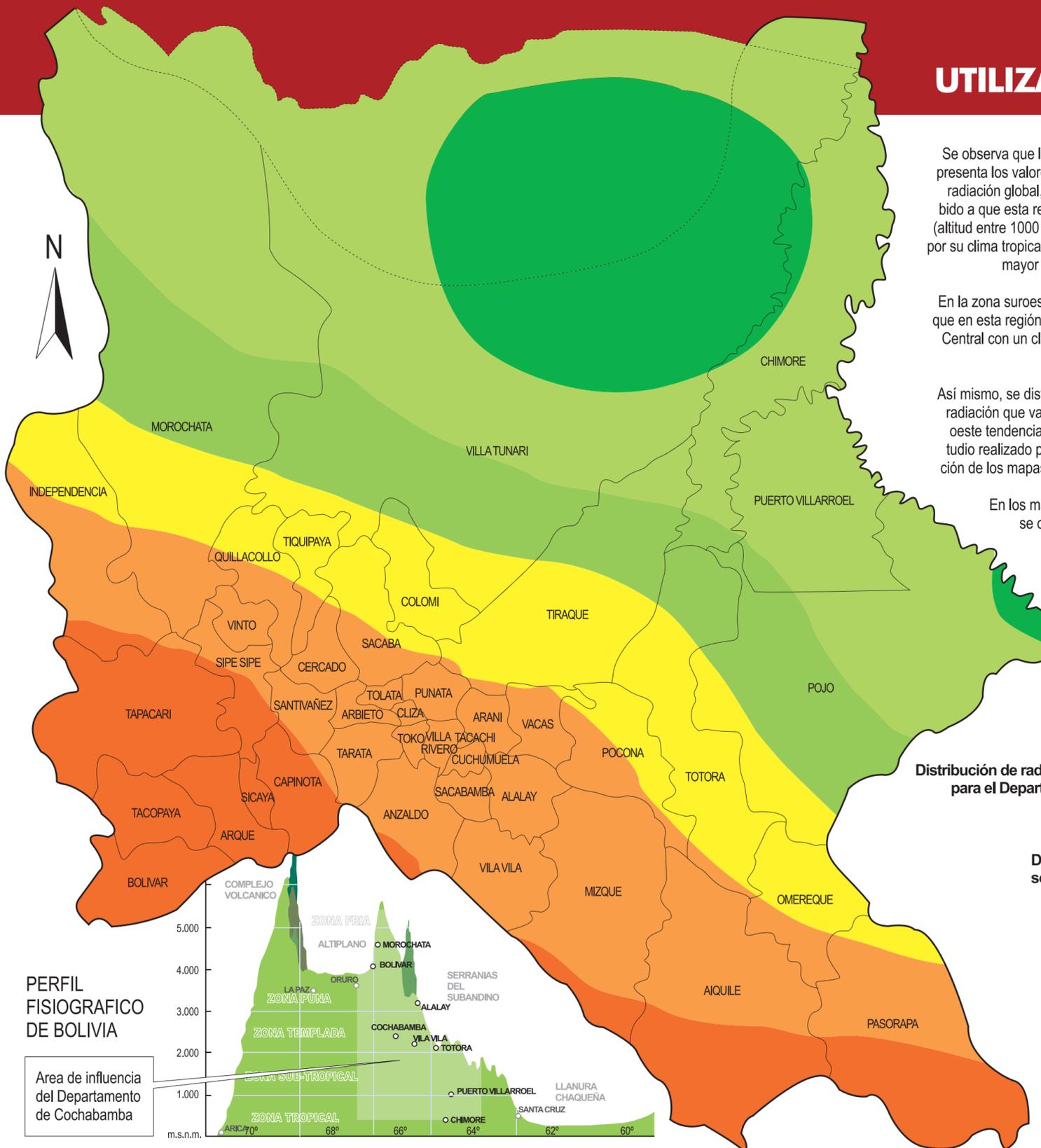
A medida que la demanda de energía renovable crece, así lo hace la necesidad de fuentes de datos más precisos de estas energías. Sin embargo en Bolivia, así como en muchos otros países, relativamente pocas estaciones meteorológicas colectan datos de radiación solar requeridos para conocer el potencial y el desempeño de sistemas de energía solar y en particular sistemas fotovoltaicos.

Bajo un convenio entre el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la UMSS y ENERGETICA, se diseñó un proyecto de investigación destinado a estimar los valores de la radiación solar global para el Departamento de Cochabamba, través de modelos de Sistemas de Información Geográfica e imágenes satelitales y ajustarlos con mediciones locales en zonas críticas.

Esta experiencia de cooperación entre la Universidad y ENERGETICA, para desarrollar proyectos académicos de investigación con alta aplicabilidad al medio, permite explorar oportunidades de generar conocimiento sobre aspectos de la energía que solamente pueden ser subsanados bajo una combinación estratégica entre instituciones que tienen alta especialidad en sus respectivos campos:

La UMSS aporta con su capacidad científica e investigativa, mientras que ENERGETICA aporta con su conocimiento sobre las demandas rurales y urbanas de energía y las posibles tecnologías a emplearse con mayor factibilidad en nuestro medio.

# ESTIMACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL PARA COCHABAMBA UTILIZANDO MODELOS DE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA E IMÁGENES SATELITALES



Se observa que la parte noreste de Cochabamba presenta los valores más bajos de media anual de radiación global, entre 4.2 y 4.5 kW-h/m<sup>2</sup>-día debido a que esta región es una zona de baja altitud (altitud entre 1000 a 235 m.s.n.m.) y se caracteriza por su clima tropical y alta humedad generando una mayor dispersión de la radiación solar.

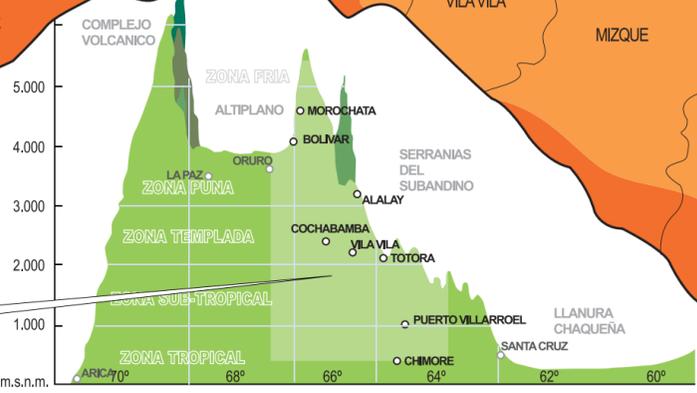
En la zona suroeste la radiación solar aumenta ya que en esta región se localiza la Cordillera Oriental Central con un clima seco con valores entre 5.7 y 6.3 kW-h/m<sup>2</sup>-día.

Así mismo, se distinguen 6 regiones de niveles de radiación que van aumentando de noreste a suroeste tendencia igualmente observada en el estudio realizado por Birhuett (1998) para la obtención de los mapas de radiación solar para Bolivia.

En los mapas de radiación solar mensual se observa que los niveles de radiación más bajos corresponden a los meses de mayo, junio y julio que pertenecen a la estación de invierno y los niveles de radiación más altos corresponden a los meses de octubre, noviembre y diciembre que corresponden a las estaciones de primavera y verano.

Distribución de radiación solar global anual para el Departamento de Cochabamba

PERFIL FISIOGRAFICO DE BOLIVIA  
Area de influencia del Departamento de Cochabamba



Distribución mensual de radiación solar global en Cochabamba

