



## Energía solar para generación eléctrica: un recurso abundante pero con limitaciones

..... || **Rolando Portilla** .....

Ingeniero civil y especialista en manejo de cuencas hidrográficas.

Funcionario del Instituto Costarricense de Electricidad (rportilla23@yahoo.com.mx).



**E**l país y el Instituto Costarricense de Electricidad (Ice) han establecido como política y como modelo de desarrollo la utilización preferente de fuentes renovables de generación eléctrica. Sin embargo, las posibilidades del país para satisfacer, con las fuentes y proyectos tradicionales, una demanda eléctrica creciente es cada día más limitada, sea por restricciones legales o sociales, o por disminución progresiva del recurso disponible.

En los últimos años, se ha afirmado frecuentemente que tenemos un gran potencial para generar electricidad con energía solar. No obstante, y a pesar de existir diversos estudios sobre radiación solar (Wright, 2000), hasta la fecha no se ha cuantificado apropiadamente dicho potencial. Tratando de cubrir este vacío, la unidad de Planificación y Desarrollo Eléctrico del Ice ha desarrollado un estudio tendiente a determinar el potencial de generación con energía solar (dirigido a centrales solares de gran escala –mayores de 5 MW–) y a definir los mejores sitios de nuestro país para el respectivo aprovechamiento.

Para el desarrollo de ese estudio se excluyeron del cálculo de los potenciales todas las zonas que impiden el desarrollo de proyectos solares, formulando mapas de



Volver al índice

restricciones a nivel nacional. Dentro de las restricciones se incluyeron: parques nacionales, reservas biológicas, centros urbanos, red hídrica y zonas de protección, infraestructura vial, zona marítimo-terrestre, restricciones por pendiente y dirección de pendiente.

El potencial técnico comprende la energía que se podría producir en el territorio nacional considerando diferentes tecnologías solares: fotovoltaico y termoeléctrico en centrales a gran escala. La metodología utilizada comprendió varios pasos:

- a) Confección de mapas mensuales de radiación solar (revisión de consistencia, completar e interpolar información) (Ice, 2013)
- b) Elaboración de mapas de restricciones para potencial teórico y técnico.
- c) Cálculo del potencial teórico: Radiación promedio de cada región por área.
- d) Cálculo del potencial técnico fotovoltaico:
  - Descomposición de la radiación global horizontal en sus componentes directa y difusa, con base en Liu y Jordan (1960).

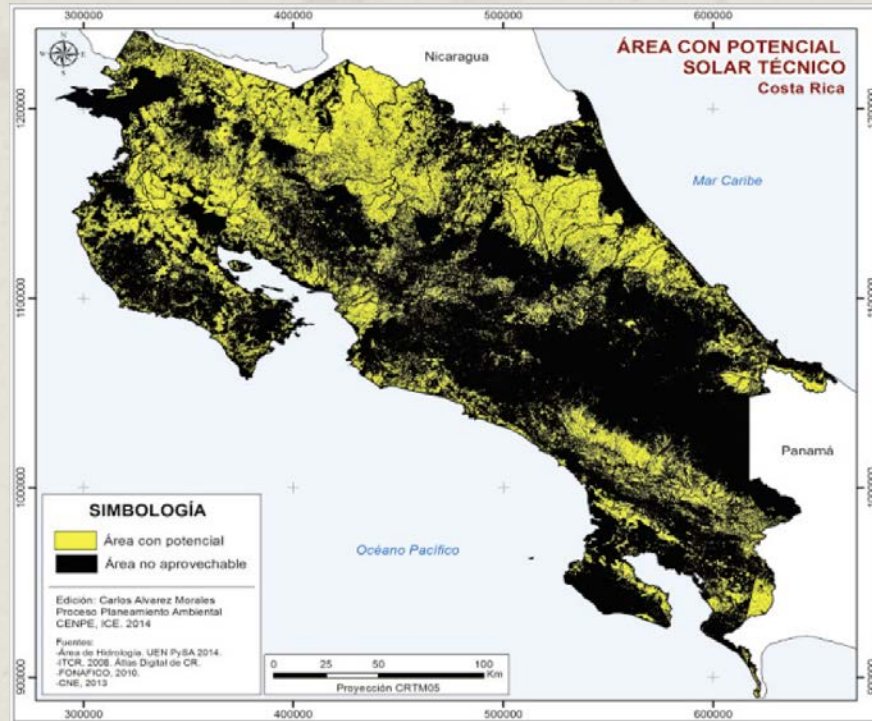


Figura 1. Mapa de restricciones para el potencial técnico. Fuente: Ice, 2014.

- Cálculo de la radiación global en el plano inclinado.
- Cálculo del potencial técnico.
- Priorización y selección de zonas (análisis multicriterio).

El estudio dividió al país en seis regiones climáticas: Pacífico Norte, Pacífico Central, Pacífico Sur, Zona Norte, Región Central y Caribe. Se obtuvieron promedios ponderados de radiación para cada región.

En forma muy resumida, la investigación se fundamenta en la determinación de la cantidad de proyectos solares fotovoltaicos que pueden desarrollarse en las zonas libres de restricciones de nuestro territorio. Con base en este criterio, se calcula la potencia total disponible y, a

partir de fórmulas conocidas, se calcula la energía eléctrica aprovechable para cada región climática.

En cuanto a resultados obtenidos, para los sistemas solares termoeléctricos (sistemas con concentradores de la radiación solar) se determinó que los niveles de radiación solar directa de nuestro país no son lo suficientemente altos como para alcanzar el piso mínimo requerido por ese tipo de sistemas (1.800 kWh/m<sup>2</sup>año) (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2009), por lo que, de acuerdo al alcance de la investigación realizada, no parecen viables para nuestro país.

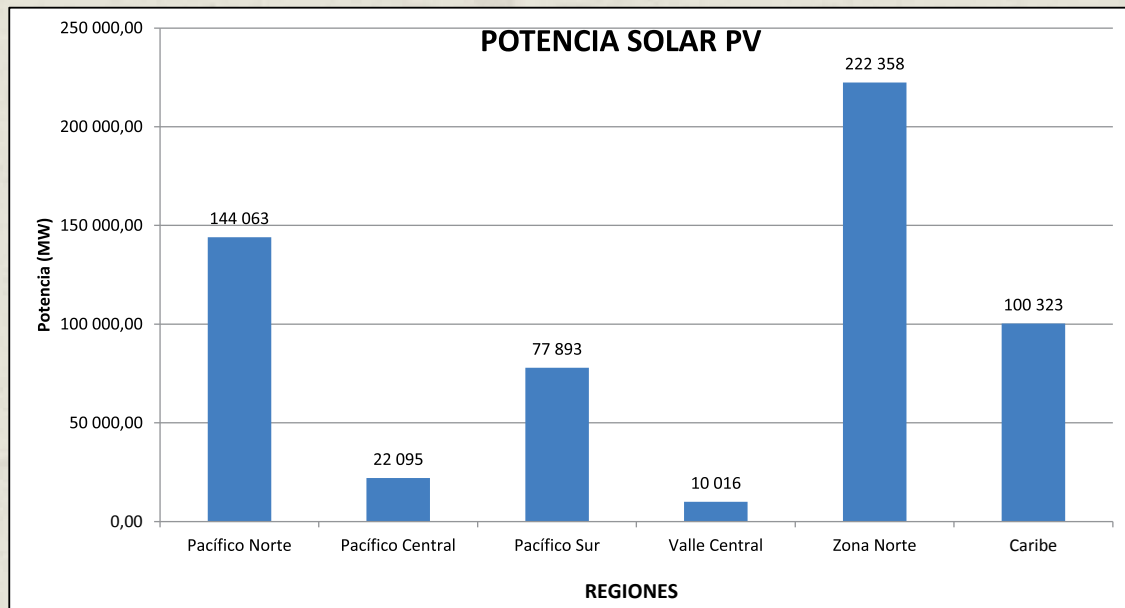
Con los sistemas fotovoltaicos la situación es muy diferente, ya que el 23,5 % del territorio nacional presenta áreas aprovechables para esta tecnología, es decir potencial técnico fotovoltaico (ver figura 1: en color claro se observan las zonas

aprovechables). El potencial técnico fotovoltaico de Costa Rica resulta ser sumamente significativo (ver cuadro 1 con resumen de los valores obtenidos).

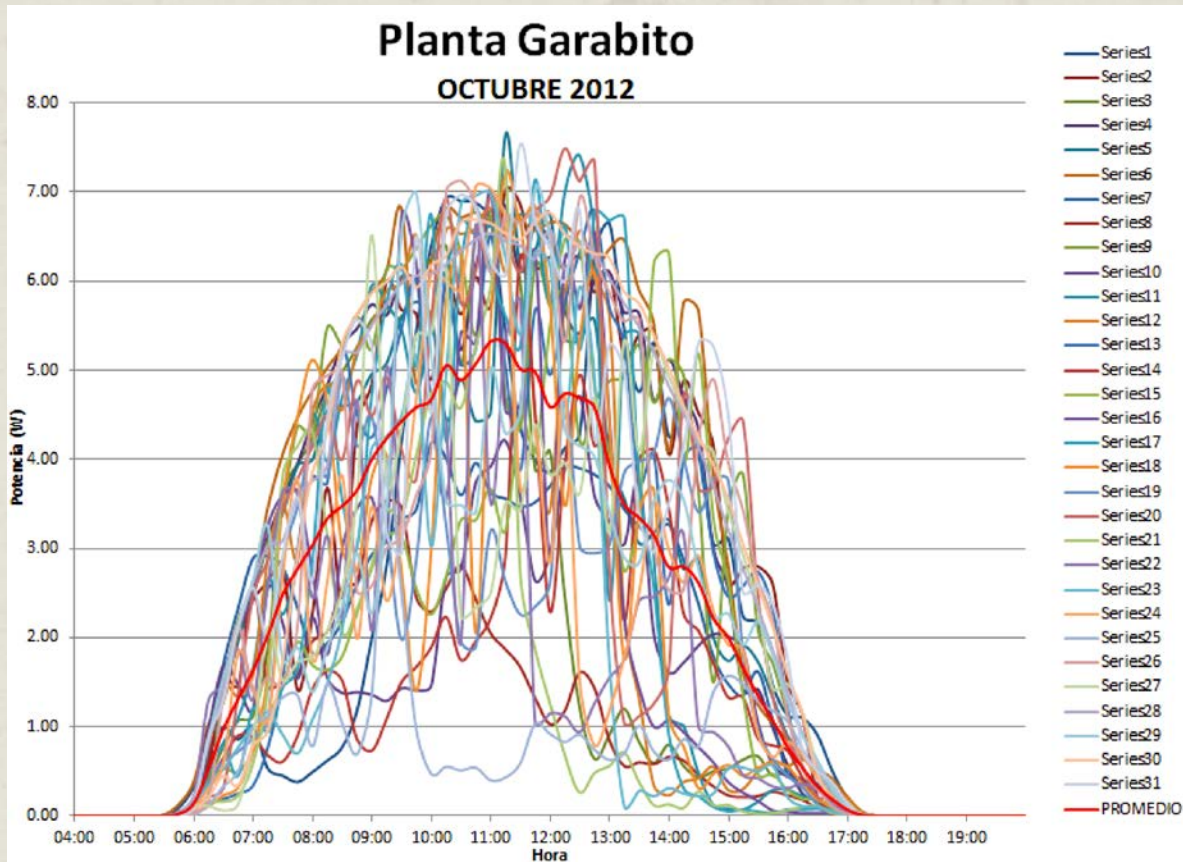
**Cuadro 1.** Potencial técnico fotovoltaico de Costa Rica. Fuente: Ice, 2014.

Potencial técnico Fotovoltaico	
Potencia	Energía anual
576.747 MW	656.195 GWh/año

Según puede verse en el cuadro 1, el potencial técnico fotovoltaico de Costa Rica en 2014 presenta dos valores: 576.747 MW en términos de potencia y 656.195 GWh/año en términos de energía. Con esta energía, se podría satisfacer 65 veces la demanda eléctrica anual de todo Costa Rica. La zona con mayor potencial es la Norte, con 222.358 MW, seguida por el Pacífico Norte, con 144.063 MW (ver figura 2).



**Figura 2.** Variación regional del potencial técnico. Fuente: Ice, 2014.



**Figura 3.** Variabilidad horaria de la fuente solar en la planta Garabito. Fuente: J. Montero [funcionario de Cenpe-Ice], comunicación personal, 2014.

Este escenario supone que el 100 % del área aprovechable podría ser utilizada con proyectos fotovoltaicos, lo cual resultaría imposible de alcanzar. Pero, aun suponiendo que apenas un 1 % de esa área aprovechable (área sin restricciones) pudiese utilizarse, se tendría un potencial técnico de 5.767 MW: el doble de la capacidad instalada actual.

Aunque este potencial solar resulta sumamente significativo, el resultado obtenido debe ser manejado con mucha reserva, por las características de intermitencia de la fuente solar y su bajo

factor de planta. En efecto, en el aprovechamiento de recursos renovables hay que tener claro que abundancia no implica necesariamente disponibilidad. Durante la noche no contamos con radiación solar, por lo que no hay potencia solar disponible. Además, hay momentos durante el día en que, por nubosidad, la potencia de una planta solar puede caer abruptamente, incluso a valores cercanos a cero. Es así como el porcentaje de aprovechamiento anual promedio, medido con el factor de planta, resulta ser del orden de 0,2, es decir, un 20 %, dejando claro que,

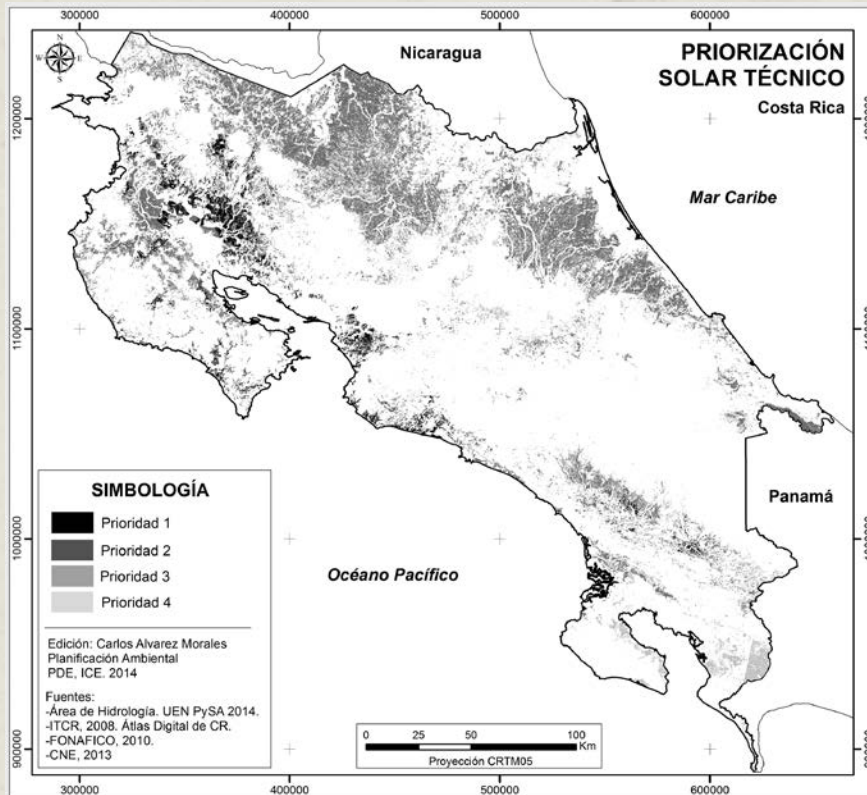


A. Baltodano. Planta Solar Miravalles, Costa Rica.

aunque tengamos abundancia del recurso solar, su poca disponibilidad dificulta que sea considerado en estos momentos como fuente prioritaria dentro del sistema eléctrico nacional. La figura 3 muestra precisamente esta variabilidad en la planta solar Garabito del Ice en la época de invierno. Cada curva representa la variación de la potencia para un día.

Esta variación e intermitencia representan un serio problema para el sistema eléctrico nacional, que debe buscar la forma de suplir esas caídas violentas de la potencia de la planta con otras fuentes complementarias. Se presentan dos situaciones: la necesidad de respaldar períodos nocturnos o de nubosidad

total, que afecta a todo el sistema y que usualmente se hace con grandes embalses, plantas térmicas o gas natural, y la necesidad de respaldar la variabilidad de corto plazo, por el paso repentino de nubes, que afecta solo localmente y que se resuelve con medidas de compensación de muy rápida respuesta (bancos de baterías, hidroeléctricas de respuesta rápida, etc.). Entonces, el respaldo energético y el almacenamiento se convierten en elementos fundamentales para la generación eléctrica a partir de la radiación solar en Costa Rica. Necesariamente, se requiere soporte para los momentos en que la fuente solar no opera o se reduce.



**Figura 4.** Mejores zonas de Costa Rica para el desarrollo de proyectos solares fotovoltaicos. Fuente: Ice, 2014.

El gran reto a futuro es definir formas, sistemas, tecnologías y esquemas para lograr el mayor aprovechamiento posible de ese enorme recurso electro-energético solar con que contamos. Se trata de lograr el mayor respaldo posible de otras fuentes o sistemas que permita la mayor penetración posible de la fuente solar en nuestro sistema eléctrico.

Como parte de esta investigación, se realizó también un análisis multicriterio a fin de determinar las mejores zonas del país para eventuales desarrollos fotovoltaicos de gran escala (figura 4). Las mejores zonas –prioridad 1 (negro)– se ubican

en el Pacífico Norte, cerca de Bagaces y en la península de Nicoya, cerca de cabo Blanco. En el Pacífico Central, las zonas con prioridad 1 están cerca de Orotina y Caldera. Las regiones Norte y Caribe presentan una gran área aprovechable, pero con zonas prioridad 3 y 4 (gris claro).

De acuerdo a los resultados de este estudio, no hay duda de que el recurso electro-energético más abundante en nuestro país es la energía solar, muy

por encima de los potenciales de otras fuentes renovables, como la hídrica, la eólica, la biomásica y la marina.

La determinación de potenciales solares para generación eléctrica no debe ser vista como una actividad concluida, sino como un proceso continuo. Esta investigación es un inicio, con limitaciones y simplificaciones, que podrá ser mejorada con el tiempo. Todo el espacio queda abierto para el mejoramiento continuo en la determinación de los potenciales nacionales con energía solar de Costa Rica.

Uno de los puntos fuertes de nuestra matriz energética es precisamente su



A. Baltodano. Planta Solar Miravalles, Costa Rica.

diversidad, el ser una mezcla de diferentes fuentes: hídrica, eólica, geotérmica, biomásica, solar, térmica, etc. Es también esa mezcla la que produce el menor costo para el plan de expansión de la generación. Pretender que todo sea hidroeléctrico, o todo solar, no es lo atinado; gran fortaleza de nuestro sistema eléctrico es no depender de una sola fuente sino de la diversidad.

#### Referencias

Ice. (2014). *Determinación de potenciales nacionales de energía solar para generación eléctrica de Costa Rica*. San José: Planificación Ambiental. Unidad de Planificación y Desarrollo Eléctrico del Ice.

Ice. (2013). *Mapas de radiación solar para Costa Rica*. San José: Centro de Servicio Estudios Básicos de Ingeniería del Ice. UEN Proyectos y Servicios Asociados (PySA).

Liu, Y. H. y Jordan, R. (1960). The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation. *Solar Energy* 4, 1-19.

Pontificia Universidad Católica de Chile. (2009). *Determinación de áreas con potencial para la instalación de plantas de energía termoeléctrica solar. Caso de estudio: III Región de Atacama*. Santiago: Facultad de Historia, Geografía y Ciencias Políticas. Instituto de Geografía.

Wright, J. (2000). *Estudio del Potencial Solar en Costa Rica*. San José: Instituto Costarricense de Electricidad.