

# ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE IRRADIANCIA SOLAR EN EL CANTÓN PORTOVIEJO, ECUADOR

## *ANALYSIS OF SOLAR IRRADIANCE POTENTIAL IN THE PORTOVIEJO CANTON, ECUADOR*

Carlos Antonio Saltos Suarez <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Estatal del Sur de Manabí, Instituto de Posgrado. Programa de Maestría en Gestión Ambiental. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7129-3742>. Correo: [saltos-carlos6585@unesum.edu.ec](mailto:saltos-carlos6585@unesum.edu.ec)

Jorge Washington Mieles Giler <sup>2</sup>

<sup>2</sup> Universidad Estatal del Sur de Manabí, Instituto de Posgrado. Programa de Maestría en Gestión Ambiental. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4739-8968>. Correo: [jorge.mieles@unesum.edu.ec](mailto:jorge.mieles@unesum.edu.ec)

\* Autor para correspondencia: [saltos-carlos6585@unesum.edu.ec](mailto:saltos-carlos6585@unesum.edu.ec)

### Resumen

La irradiación solar es la cantidad de energía solar que alcanza una superficie específica durante un periodo de tiempo determinado. La presente investigación examina el comportamiento histórico de la irradiación solar en el periodo de 2012 a 2022 en el cantón Portoviejo, Ecuador. Los datos se obtuvieron de la base de datos *Nasa Power Data* con el propósito de calcular la irradiancia solar promedio en los campus universitarios y definir las horas solares pico (HSP). Estos datos fueron tabulados y procesados utilizando el programa estadístico Minitab 21. El objetivo fue diseñar un mapa solar que describa el potencial de irradiación en el cantón, lo que servirá como base para la instalación de sistemas fotovoltaicos.

**Palabras clave:** horas solares pico; irradiación; mapa solar; potencial; sistemas fotovoltaicos

### Abstract

*Solar irradiation is the amount of solar energy that reaches a specific surface during a given period of time. This research examines the historical behavior of solar irradiation in the period from 2012 to 2022 in the Portoviejo canton, Ecuador. The data were obtained from the Nasa Power Data database in order to calculate the average solar irradiance on university campuses and define the peak solar hours (PSH). These data were tabulated and processed using the Minitab 21 statistical program. The objective was to design a solar map*

*that describes the irradiation potential in the canton, which will serve as a basis for the installation of photovoltaic systems.*

**Keywords:** *Peak solar hours; irradiation; solar map; potential; photovoltaic systems*

**Fecha de recibido:** 12/03/2024

**Fecha de aceptado:** 11/05/2024

**Fecha de publicado:** 16/07/2024

## Introducción

A lo largo de la historia de la humanidad, el acceso y la utilización de diversas fuentes de energía han sido fundamentales, desde tiempos antiguos hasta una visión futurista. El progreso de la civilización, la cultura y otros aspectos evolutivos de la especie humana se han visto influenciados por el descubrimiento y la evolución de nuevas fuentes de energía, así como por la eficiencia en su uso en beneficio de la sociedad (Pacheco & Yormy, 2015).

La energía solar se presenta como una opción versátil que puede emplearse directamente para calentar, enfriar e iluminar viviendas y edificios, así como para satisfacer las necesidades de agua caliente en cumplimiento de estándares térmicos e higiénicos básicos, tanto para personas de países desarrollados como en desarrollo (Gazzoni et al., 2010).

En América Latina, la radiación solar media supera los 4 kWh/m<sup>2</sup>/día, con áreas específicas que registran índices aún más altos, como el noroeste de México, Honduras, algunas partes de Cuba, República Dominicana, Perú, Bolivia y Brasil, donde los niveles de radiación solar alcanzan los 5 kWh/m<sup>2</sup>/día o más (Gazzoni et al., 2010). El Ecuador, debido a su ubicación geográfica posee un elevado potencial de irradiación solar durante todo el año, según Arla et al., (2017) la energía solar en Ecuador es muy elevada debido a su ubicación en la zona intertropical, según (Echegaray-Aveiga et al., 2018) mismo que alcanza un promedio de 4.378 (kW -h/m<sup>2</sup> día).

El potencial fotovoltaico en Ecuador, como lo indica (Jara, 2021) la “tierra apta” para desarrollar energía fotovoltaica complementaria es el 9,3% del territorio nacional (23819 km<sup>2</sup>), y la “tierra más adecuada” para desarrollar energía fotovoltaica complementaria es 805km<sup>2</sup> o 0,32% del territorio nacional, lo que daría como resultado un potencial teórico bruto de 35,7 GWp (61,5GWh / año) la provincia de Manabí es un territorio idóneo para implementar sistemas fotovoltaicos debido a su elevado nivel de irradiación solar. Según Alarcón et al. (2017), la provincia de Manabí se destaca como un área óptima para la instalación de sistemas fotovoltaicos debido a su alto nivel de irradiación solar en comparación con el resto del país.

El municipio de Portoviejo, tiene como objetivo de convertirse en una ciudad sostenible, que busca maximizar el uso de energías renovables como la solar fotovoltaica, la biomasa y la eólica. Sin embargo, la falta de conocimiento sobre el verdadero potencial de la irradiación solar en la zona obstaculiza el desarrollo de

sistemas fotovoltaicos y térmicos para diversas aplicaciones, como iluminación, riego, puntos de carga y generación de energía para hogares, contribuyendo así al suministro eléctrico público en Ecuador.

El uso de aplicaciones y bases de datos como *Power Data Access Viewer* y *Photovoltaic Geographical Information System* (2022), facilita información fiable del comportamiento de la irradiación en los años anteriores, así como software estadístico minitab 21 y cartográfico como ArcMap, permite tabular y visualizar el potencial fotovoltaico del cantón Portoviejo en sus diversas parroquias urbanas como rurales.

El objetivo de esta investigación se centra en analizar el potencial de irradiancia solar en el cantón Portoviejo, comparando la irradiación solar actual e histórica de las parroquias urbanas y rurales del cantón Portoviejo, para determinar la parroquia con mayor potencial

### Materiales y métodos

El desarrollo de esta investigación se contempla en analizar el potencial de irradiación que tiene el cantón Portoviejo con el objetivo de verificar la viabilidad de implantar sistemas fotovoltaicos para establecer como una ciudad sostenible.

**Tabla 1.** Área de estudio.

| N  | X         | Y          | Parroquias       |
|----|-----------|------------|------------------|
| 1  | 552107.18 | 9904567.21 | Crucita          |
| 2  | 556546.97 | 9886113.62 | Picoaza          |
| 3  | 564311.12 | 9889681.92 | Rio Chico        |
| 4  | 577362.16 | 9892364.69 | Pueblo Nuevo     |
| 5  | 584085.10 | 9886072.28 | Chirijo          |
| 6  | 584588.45 | 9882004.28 | San Placido      |
| 7  | 580104.08 | 9883234.72 | Alajuela         |
| 8  | 565661.96 | 9876524.79 | Colón            |
| 9  | 562303.12 | 9880897.47 | Simón Bolívar    |
| 10 | 562187.67 | 9883352.03 | Fráncico Pacheco |
| 11 | 573000.06 | 9886240.87 | Abdón Calderón   |
| 12 | 559483.52 | 9882278.46 | Andrés de vera   |
| 13 | 558214.94 | 9884843.75 | 18 de Octubre    |
| 14 | 560348.21 | 9885848.43 | 12 de Marzo      |
| 15 | 561184.01 | 9883903.56 | San Pablo        |
| 16 | 560658.74 | 9883354.22 | Portoviejo       |

### Diseño de investigación

El propósito de esta investigación es analizar el potencial de irradiancia solar que tiene el cantón Portoviejo para la instalación de paneles solares fotovoltaicos en diversas partes del cantón tanto en las zonas rurales como urbanas. El enfoque metodológico será mixto mismo que buscara explorar el tema o problema en

cuestión para establecer un análisis investigativo que describa tanto los datos cualitativos como cuantitativos relacionados con los hechos o fenómenos objeto de estudio.

Para identificar las horas de máxima irradiación solar los datos recolectados por estaciones meteorológicas y plataformas *Power Data Access Viewer* y *Photovoltaic Geographical Information System* serán transformados de horas solares pico a W/m<sup>2</sup>, lo que permitirá determinar la irradiación global de cada una de las parroquias del cantón.

### Métodos

El método científico es fundamental para adquirir nuevos conocimientos mediante la aplicación de técnicas que facilitan la investigación y permiten determinar el potencial de irradiación en las parroquias rurales y urbanas del cantón Portoviejo. Este estudio tiene como objetivo proyectar la implementación de sistemas de paneles fotovoltaicos y térmicos en el futuro. Para ello, se emplea un enfoque que integra datos cualitativos y cuantitativos.

La aplicación de este método cualitativo implica la extracción de información descargada de la plataforma NASA Power Data, con el propósito de obtener una base de datos que abarque desde 2012 hasta 2022. El objetivo es verificar cuál de las parroquias posee el mayor número de horas solares pico, las cuales serán convertidas a W/m<sup>2</sup>. Esta información relevante se organiza en una tabla de Excel 2019 para luego ser importada al software estadístico Minitab 21. A través de este programa, se realiza la prueba estadística Tukey con un nivel de confianza del 95%, para comprobar las diferencias en las medias y series temporales, lo que permitirá pronosticar las tendencias en los años venideros. El cálculo de irradiación global se realiza a partir de la ecuación (1), definida en Dufour (2008).

### Ecuación de Irradiación global

$$I_g: h_{spx}1000w/m^2 \quad (1)$$

Donde:

**I<sub>g</sub>**: radiación global

**H<sub>sp</sub>**: Hora solares pico

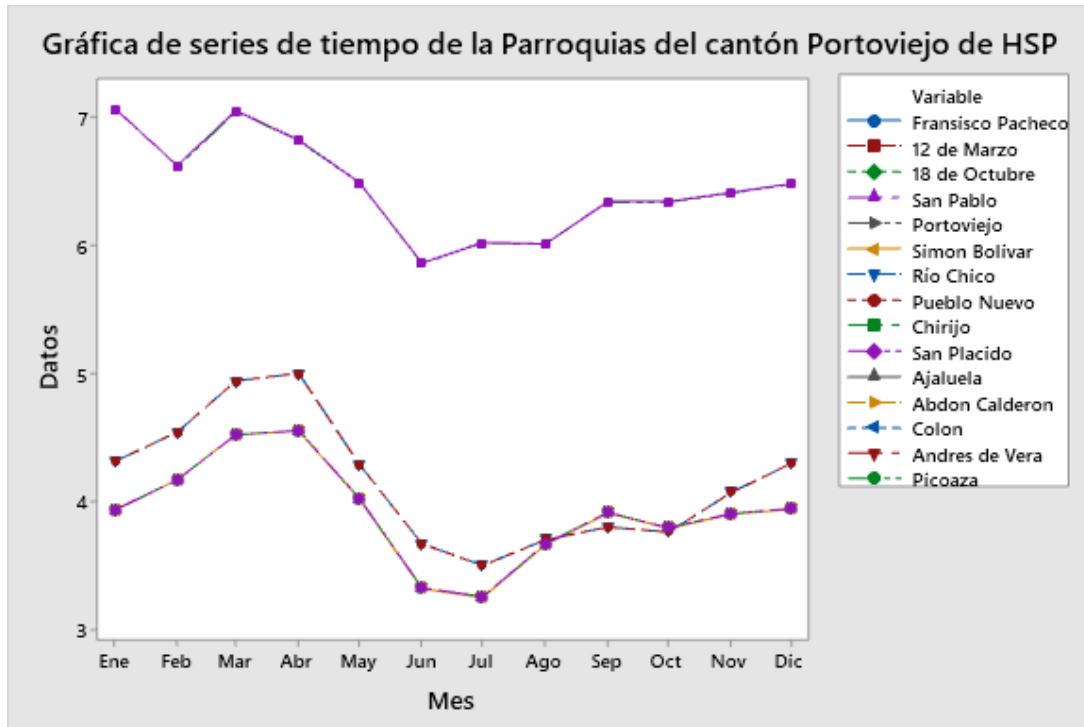
La ejecución del mapa en el Arcmap 10.5 empezara con una adaptación del lienzo e ingreso de las coordenadas en el sistema UTM WGS84 17s con los datos de las horas solares picos y la potencia medida en W/m<sup>2</sup> ubicadas en las parroquias urbanas y rurales del cantón, donde se procederá a realizar una interpolación por medio del método IDW que se encuentran en el (ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Interpolation, eligiendo la gama de colores acordé al mapa en (Properties - Symbology - Stretched), en la misma ventana, en el apartado de Labeling se añadieran 6 intervalos que serán representados en la leyenda, complementados con los símbolos de Norte, escala, leyenda, tarjeta, el sistema de georreferenciación., donde se agregara a un nuevo data fame para añadir el mapa de ubicación del cantón para su respectivo análisis y el estudio de los fenómenos con el objetivo de obtener nuevos conocimientos y características de sus interrelaciones espaciales.

## Resultados y discusión

La tabla 2 muestra las horas solares pico promedio de las parroquias urbanas y rurales del cantón Portoviejo considerando el registros históricos de la base de datos *Nasa power data* obteniendo como resultado a través de a prueba estadística de tukey con un nivel de confianza del 95%; que las parroquias Picoaza y Crucita mantienen un total de 6,459 HSP al día equivalentes a 6459 W/m<sup>2</sup>, donde los sistemas fotovoltaicos podrán estimar un mayor porcentaje de energía, a diferencia de las demás parroquias que las HSP están entre 3,913 a 4,157 equivalentes a 3913 y 4157 W/m<sup>2</sup>.

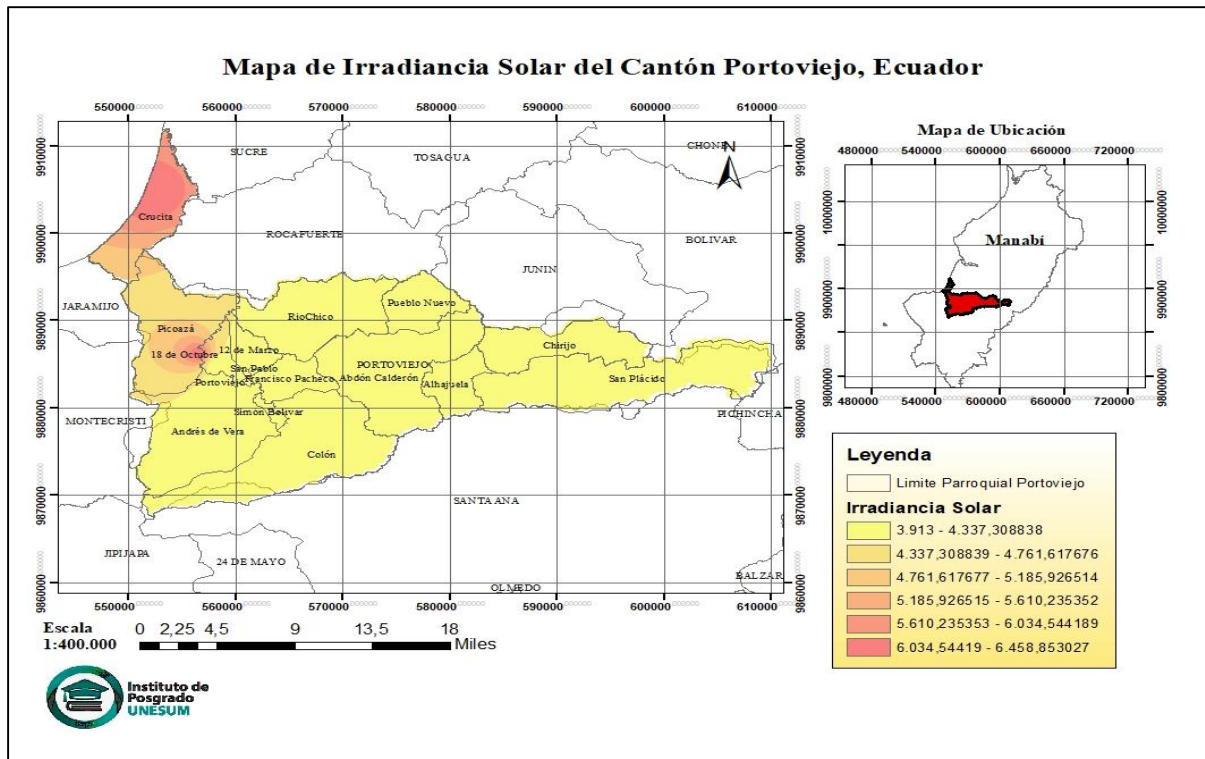
**Tabla 2.** Promedios de Horas solares picos de la Parroquias urbanas y rurales de Portoviejo.

| Parroquias        | N  | Media | Desv.Est. | IC de 95%      |
|-------------------|----|-------|-----------|----------------|
| 12 de Marzo       | 12 | 3,913 | 0,396     | (3,680; 4,146) |
| 18 de Octubre     | 12 | 3,913 | 0,396     | (3,680; 4,146) |
| Abdón Calderón    | 12 | 3,913 | 0,396     | (3,680; 4,146) |
| Alajuela          | 12 | 3,913 | 0,396     | (3,680; 4,146) |
| Andrés de Vera    | 12 | 3,913 | 0,396     | (3,680; 4,146) |
| Chirijo           | 12 | 3,913 | 0,396     | (3,680; 4,146) |
| Colon             | 12 | 3,913 | 0,396     | (3,680; 4,146) |
| Crucita           | 12 | 6,459 | 0,389     | (6,226; 6,692) |
| Francisco Pacheco | 12 | 3,913 | 0,396     | (3,680; 4,146) |
| Picoaza           | 12 | 6,459 | 0,389     | (6,226; 6,692) |
| Portoviejo        | 12 | 3,913 | 0,396     | (3,680; 4,146) |
| Pueblo Nuevo      | 12 | 4,157 | 0,496     | (3,924; 4,390) |
| Rio Chico         | 12 | 4,157 | 0,496     | (3,924; 4,390) |
| San Pablo         | 12 | 3,913 | 0,396     | (3,680; 4,146) |
| San Placido       | 12 | 3,913 | 0,396     | (3,680; 4,146) |
| Simón Bolívar     | 12 | 3,913 | 0,396     | (3,680; 4,146) |



**Figura 1.** Series de tiempo de HSP del cantón Portoviejo.

La figura 1 presenta forma curvada y con datos dispersos, puesto que su punto más alto se encuentra inmerso en el registro histórico de HSP de las parroquias Crucita y Picoaza en los meses de Enero y Marzo equivalentes a 7070 y 7050 W/m<sup>2</sup>.



**Figura 2.** Mapa de Irradiación Solar.

La figura 2 se muestra el mapa solar o de irradiancia del cantón Portoviejo considerado para el estudio en desarrollo, donde la tonalidad amarilla representa irradiancia entre 3913 a 4337  $W/m^2$  y las tonalidades de color roja representa los niveles más altos de irradiancia en el cantón con 6034 a 6459  $W/m^2$  lo que significa que las irradiaciones pueden variar por condiciones climáticas que se presentan en el cantón.

### Discusión

La energía fotovoltaica se ha implementado como una medida para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del consumo de combustibles fósiles. En este contexto, se llevó a cabo un estudio para evaluar el potencial fotovoltaico en las parroquias urbanas y rurales del cantón Portoviejo, con el objetivo de convertirlo en una ciudad sostenible y autosuficiente.

Según Ospino (2010), quien examinó el potencial en la región del Caribe, los resultados indican una irradiación solar equivalente a 5400  $W/m^2$ , lo que representa aproximadamente 5,4 horas de sol pico. Esta alta radiación solar en la región del Caribe se atribuye a su ubicación ecuatorial. En contraste, Marin et al., (2018) reportaron una producción energética promedio de 4000  $W/m^2$  durante 4 horas en techumbres. Sin embargo, estudios como el actual demostraron que las parroquias Picoaza y Crucita que destacan una irradiación promedio de 6459  $W/m^2$ .

Palacios y Gauna (2018) señalan que la región del Pacífico presenta condiciones climáticas y una irradiancia solar adecuada para la instalación de sistemas fotovoltaicos, especialmente para sistemas de

bombeo fotovoltaico, debido a su ubicación ecuatorial. La zona de estudio de su investigación está geográficamente posicionada para una mayor captación de irradiancia global y horas solares pico, con un promedio de 4,19 horas.

Los métodos utilizados para el análisis de datos y la visualización de los resultados varían entre los estudios. En nuestra investigación, se ingresaron datos en el programa ArcMap y se realizó una interpolación. En contraste, Martin (2014) utilizó la extensión 'SolarAnalyst' de ArcGIS para estimar la radiación solar, considerando la posición del sol y otros elementos topográficos. Además, se aplicaron isolíneas para visualizar las condiciones de radiación, como lo señaló Ospino (2010). Otros estudios, como el de Duarte (2020), emplearon herramientas virtuales como Project Sunroof de Google para analizar la radiación.

En otro estudio, Guerrero-Calero et al., (2023) utilizaron métodos similares para evaluar el potencial de energía en los campus universitarios de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, con un promedio de irradiación de aproximadamente 4600 W/m<sup>2</sup>.

## Conclusiones

Durante la investigación desarrollada se obtuvieron datos que ayudaron a comparar la irradiación actual e histórica en los periodos 2012- 2022 en el cantón Portoviejo, para esto se evaluó cada una de las parroquias urbanas y rurales del cantón, obteniendo como resultado que Picoaza y Crucita tienen el mayor potencial energético para aplicación de sistemas fotovoltaicos.

## Referencias

- Arla, S., Tapia, M., Guasumba, J., Martínez, J., Asitimbay, J., & Tapia, E. (2017). Validación del Recurso Solar en el Ecuador para Aplicaciones de Media y Alta Temperatura. *INNOVA Research Journal*, 2(7), 34–45. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n7.2017.226>
- Duarte, A. (2020). Análise do potencial fotovoltaico residencial em porto alegre. Obtenido de Universidade federal do rio grande do Sul Escola Degenharia.
- EnergySage. (2021). Types of solar panels: What are your options? Obtenido de <https://www.energysage.com/solar/101/types-of-solar-panels/>
- Guerrero-Calero, J., Gras-Rodriguez, R., Cruz-Macias, B., & Cabrera-Verdezoto, R. (2023). Análisis del Potencial Fotovoltaico de los Campus Universitarios de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa. 593 Digital Publisher CEIT, 8 num 6(2588–0705), 333–341. [https://www.593dp.com/index.php/593\\_Digital\\_Publisher/article/view/2080](https://www.593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/2080)
- Gazzoni, D., Azurdia, I., Blanco, G., Estrada, C., & Carvalho, I. (2010). Energía sustentable en América Latina y Carabí: Potencial para el futuro.
- Jara, J. (2021). Potencial solar fotovoltaico del Ecuador. Celec Ep. <https://www.centrosur.gob.ec/>
- Henríquez, P. &. (2003). Manual de energía solar fotovoltaica. Universidad Técnica Federico Santa María.

- Marin, D., Zalamea, E., & Barragan, E. (2018). POTENCIAL FOTOVOLTAICO EN TECHUMBRE DE EDIFICIOS INDUSTRIALES DE ALTA DEMANDA ENERGÉTICA, EN ZONAS ECUATORIALES. Revista hábitat sustentable.
- Martin, A. (2014). Modelo geográfico para la estimación del potencialfotovoltaico en tejados. . Obtenido de Casos de estudio: Miraflores de la Sierra”. Universidad Complutense de Madrid.
- Mosquera Palacios, O. (2017). Evaluación del potencial solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en la unidad educativa Juan Abel Echeverría de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi. Propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico autosustentable. Obtenido de Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Ospino, A. (2010). Análisis del potencial energético solar en la región del caribe para el diseño de un sistema fotovoltaico . Revista Inge.
- Pacheco, M., & Yormy, M. (2015). Recursos naturales y energía. Antecedentes históricos y su papel en la evolución de la sociedad y la teoría económica. *Energética*, 45, 107–115. <https://www.redalyc.org/pdf/1470/147040741010.pdf>
- Quinde-Abril, M., Calle, J., & Armador, J. (2022). Design of a Photovoltaic System for Self-consumption in Buildings at High-Altitude Cities Located in the Equator BT (Communicat).
- Photovoltaic Geographical Information System. (2022). JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission. 2022. [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/tools.html#MR](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html#MR)
- Santos, R. M. B., Sanches Fernandes, L. F., Cortes, R. M. V., Varandas, S. G. P., Jesus, J. J. B., & Pacheco, F. A. L. (2017). Integrative assessment of river damming impacts on aquatic fauna in a Portuguese reservoir. *Science of the Total Environment*, 601–602, 1108–1118. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.05.255>
- Travesset-Baro, O., Vilella, M., & Borges, P. (2021). Hacia la autosuficiencia energética en las ciudades. análisis del potencial solar fotovoltaico a escala urbana en el Principado de Andorra. *CienciAmérica*, 10(3), 25–40. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i3.369>
- Trejos, A., & Foronda-Gutiérrez, L. A. (2022). Evaluación de herramientas computacionales para análisis de sistemas fotovoltaicos. *Ingeniería Y Competitividad*, 24(02). <https://doi.org/10.25100/iyc.v24i02.11516>