

**LA ENERGÍA SOLAR EN LA CUENCA DEL RÍO APAQUÍ  
COMO BASE PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS DE  
DESARROLLO SUSTENTABLE, CARCHI-ECUADOR**

**SOLAR ENERGY IN THE APAQUÍ RIVER BASIN AS A BASIS FOR THE  
FORMULATION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT PROJECTS, CARCHI-  
ECUADOR**

---

**Recibido: 30/10/2017 – Aceptado: 26/11/2017**

---

**Consuelo del Pilar Ruiz Pomasqui**

Docente en la Universidad Politécnica Estatal del Carchi  
Tulcán – Ecuador

Magister en Manejo de Recursos Naturales

consue\_ruiz@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0002-7389-3896>

---

**Germán Alfredo Mora Trujillo**

Docente en la Universidad Politécnica Estatal del Carchi  
Tulcán – Ecuador

Magister en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

vecodesmora@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5316-1794>

---

**Nelson Germán Heredia Enríquez**

Docente en la Universidad Politécnica Estatal del Carchi  
Tulcán – Ecuador

Magister en Administración de Negocios

nheredia73@hotmail.es

<https://orcid.org/0000-0001-5219-794X>

---

**Como citar este artículo:**

Ruiz, C., Mora, G., & Heredia, N. (Enero – Diciembre 2019). La energía solar en la Cuenca del río Apaquí como base para la formulación de proyectos de desarrollo sustentable, Carchi - Ecuador. *Tierra Infinita* (5), 83-90. <https://doi.org/10.32645/26028131.956>

## Resumen

*La investigación tiene como objetivo valorar la energía y distribución temporal de la heliofanía del sol en la cuenca del Río Apaquí con fines de generación eléctrica, mediante la valoración de la irradiación con aplicación de sistemas de información geográfica (SIG). El análisis radicó en obtener información fidedigna y exacta de estaciones meteorológicas de la cuenca del Río Apaquí. Los datos solares publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI se compararon con información satelital. En el estudio se determinó la radiación solar media, mensual y anual, con información de 25 años. De igual forma se generó el mapa solar de la cuenca en estudio que permitió la ubicación espacial y la potencia disponible del sol para proyectos de generación eléctrica con sistemas fotovoltaicos. El estudio solar permite además examinar la distribución, la temporalidad y la intensidad de radiación solar. De este modo la investigación indica que la irradiación máxima se presenta en los meses de julio, agosto y septiembre, en la temporada seca en Ecuador con potencia de 14,84 Kilo julios por metro cuadrado. La baja irradiación de la cuenca del Río Apaquí se registra en enero, febrero y marzo con una potencia de 13,83 Kilojulios por metro cuadrado, datos primordiales que permiten la ejecución de proyectos de generación eléctrica con uso de la energía radiante del sol con cero emisiones de CO<sub>2</sub>, que contribuye a disminuir los efectos del cambio climático.*

**Palabras Clave:** Irradiación, intensidad, mapa solar, heliofanía

## Abstract

*The objective of the present investigation was to assess the energy and temporal distribution of the sun heliophany that resides in the Apaquí river basin for the purpose of generating electricity, by assessing irradiance with application of geographic information systems (GIS). The analysis was to obtain reliable and accurate information from meteorological stations in the Apaquí River basin. The solar data published in the INAMHI meteorological yearbooks were compared with satellite information. In the study, the average, monthly and annual solar radiation was determined, with information of 25 years. Likewise, the solar map of the basin under study was generated that allowed the spatial location and the available power of the sun to be used in power generation projects with photovoltaic systems. The solar map also allows us to examine the distribution, temporality and intensity of solar radiation. In this way, the research indicates that the maximum irradiance occurs in the months of July, August and September, in the dry season in Ecuador with power of 14.84 KJ / m<sup>2</sup> / day. The low irradiance of the Apaquí River basin was registered in January, February and March with a power of 13.83 KJ / m<sup>2</sup> / day, fundamental data that support*

---

Como citar este artículo:

Ruiz, C., Mora, G., & Heredia, N. (Enero – Diciembre 2019). La energía solar en la Cuenca del río Apaquí como base para la formulación de proyectos de desarrollo sustentable, Carchi-Ecuador. *Tierra Infinita* (5), 83 - 90. <https://doi.org/10.32645/26028131.956>

*the execution of power generation projects using the radiant energy of the sun with zero CO<sub>2</sub> emissions, which helps to reduce the effects of climate change.*

**Keywords:** *Irradiance, intensity, solar map, heliophany*

## Introducción

Las energías alternativas se generan en la misma naturaleza no se extinguen, se generan continuamente y conservan el ambiente natural. Por la ubicación geográfica del Ecuador se convierte en un país privilegiado en fuentes de energía renovables especialmente la energía radiante del sol debido a la posición de la zona ecuatorial de la tierra con respecto al sol.

En la cuenca del Río Apaquí se encuentran funcionando cuatro estaciones meteorológicas, ubicadas por el Instituto Nacional de Meteorología e hidrología (INAMHI), cuya información está disponible en los anuarios meteorológicos. Esta información puede ser utilizada con fines energéticos para su aplicación en proyectos de generación eléctrica tales como: sistemas fotovoltaicos para iluminación, proyectos de extracción de agua subterránea o como energía solar térmica para agua caliente sanitaria (ACS).

El presente trabajo estudia la radiación solar por el interés que genera el uso de las energías limpias con fines energéticos y principalmente para apoyar al cambio de la matriz energética. Es importante considerar que el uso de energías alternativas contribuye a bajar el consumo de combustibles de origen fósil que produce emanaciones de CO<sub>2</sub>, gas considerado el causante del calentamiento global que incide en el cambio climático; además con los resultados de este estudio los Gobiernos Autónomos Descentralizados ubicados dentro de la cuenca – GAD's podrán implementar proyectos energéticos sustentables, mediante el uso de la radiación del sol como fuente de energía limpia.

## Materiales y Métodos

### Desarrollo de la ponencia

En base a la información que registran las cuatro estaciones meteorológicas, colocadas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) La Cuenca del Apaquí se caracteriza por el potencial de energía disponible y además la ubicación georreferenciada mediante un mapa solar y corroborado con un mapa de temperaturas promedio del área de estudio.

En esta demostración se logró caracterizar la disponibilidad de energía solar en la cuenca del Río Apaquí como plataforma para la enunciación de planes de desarrollo sostenible.

---

Como citar este artículo:

Ruiz, C., Mora, G., & Heredia, N. (Enero – Diciembre 2019). La energía solar en la Cuenca del río Apaquí como base para la formulación de proyectos de desarrollo sustentable, Carchi-Ecuador. *Tierra Infinita* (5), 83 - 90. <https://doi.org/10.32645/26028131.956>

## Metodología

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con la finalidad de construir la metodología utilizada para alcanzar el objetivo propuesto.

Se asumió el tipo de investigación descriptiva por que se estimó la radiación solar dentro de la cuenca del Río Apaquí empleando como variables meteorológicas temperatura, radiación solar y precipitación; y el diseño de investigación para este estudio fue el documental y de campo, en la investigación de campo se visitó las estaciones meteorológicas que se encuentran dentro de la cuenca del Río Apaquí.

El escenario de la investigación es la provincia del Carchi con los cantones Bolívar, Montúfar, San Pedro de Huaca y Tulcán.

En las técnicas e instrumentos utilizados se aplicó análisis documental, el registro se lo realizó en unidades de almacenaje, se analizó la información de la radiación solar, análisis de los cuadros estadísticos que contiene la información de las variables atmosféricas obtenida de los anuarios del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI de las estaciones San Gabriel, Hacienda UPEC, Tufiño y Julio Andrade y se contrastó con datos satelitales descargados de la página de la NASA. Prediction of Worldwide, Energy Resource.

La elaboración del mapa de temperatura de la cuenca del Río Apaquí partió de la generación de la metodología del álgebra de mapas generados en ArcGIS 10.4, que consiste en la superposición de capas raster o shapefile a escala 1:100.000; las variables utilizadas fueron: datos de radiación solar ( $W/m^2$ ), temperaturas (isotermas- $^{\circ}C$ ), precipitación (isoyetas-mm), se evaluó los registros solares, se estudió la radiación promedio anual, se analizó las horas pico solar predominantes, se procesó y se modeló o simuló con el software especializado Database management system (DBMS) y mediante el software de World Clim versión 2; fue necesario transformar las horas brillo solar en potencia efectiva y finalmente esta potencia efectiva solar se transformó en unidades de uso común:  $Kwh/m^2$ ,  $KJh/m^2$  y  $MJh/m^2$ .

## Resultados y Discusión

Se utilizó las herramientas ArcGIS, para la construcción de las isolíneas de radiación solar con intervalos de  $100 W/m^2$  que permitió elaborar un atlas solar, el mismo que señala las zonas de alto potencial de radiación que permiten puntualizar sitios garantizados para la implementación de proyectos solares.

---

Como citar este artículo:

Ruiz, C., Mora, G., & Heredia, N. (Enero – Diciembre 2019). La energía solar en la Cuenca del río Apaquí como base para la formulación de proyectos de desarrollo sustentable, Carchi-Ecuador. *Tierra Infinita* (5), 83 - 90. <https://doi.org/10.32645/26028131.956>

Se categorizó el comportamiento de la radiación solar mensual y anual para conocer la disponibilidad de energía solar en la cuenca del Río Apaquí como base para la formulación de proyectos de desarrollo sustentable.

En la estación meteorológica San Gabriel ubicada a 2860 msnm que se encuentra a mayor altitud, analizando los valores de heliofanía/mes, se determinó que la mayor radiación solar corresponde a julio, agosto y septiembre. El mes de menor heliofanía es febrero; el promedio de radiación en año 2016 es de 140,00 horas/sol/año En la misma estación en el año 1995 se presentan dos rangos de mayor heliofanía tanto en el mes de febrero como en los meses de julio y agosto.

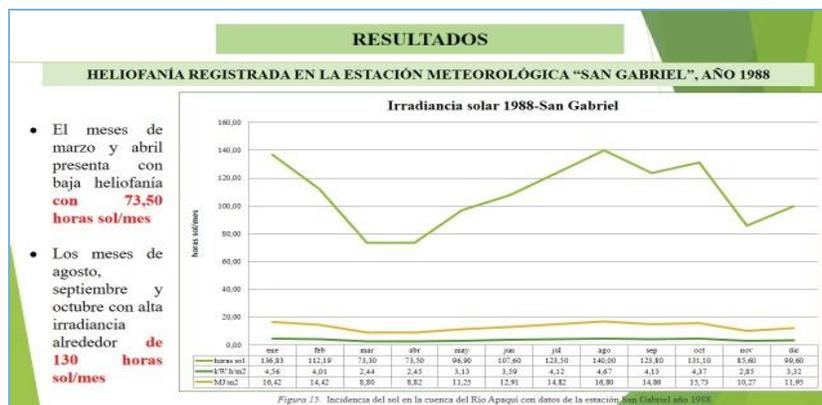


Figura 1. Heliofanía registrada en la estación meteorológica San Gabriel, año 1998.

**Los meses de baja radiación solar corresponde a marzo y abril, siendo el de mayor.**



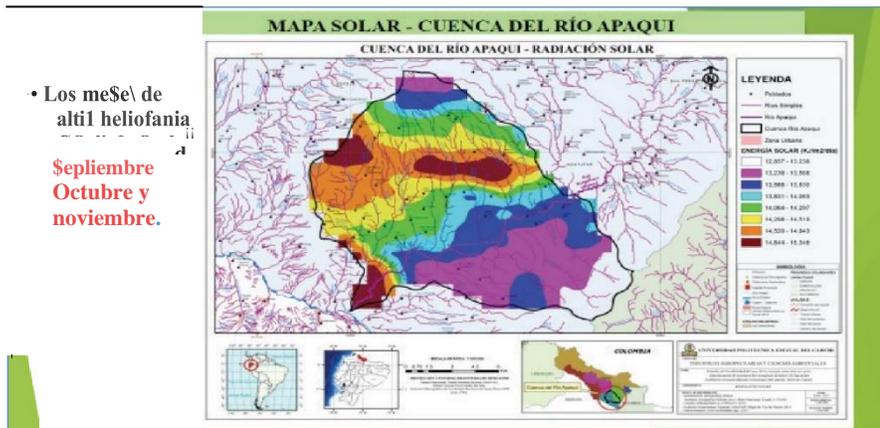
Figura 2. Heliofanía registrada en la estación meteorológica San Gabriel, año 2013

Como citar este artículo:

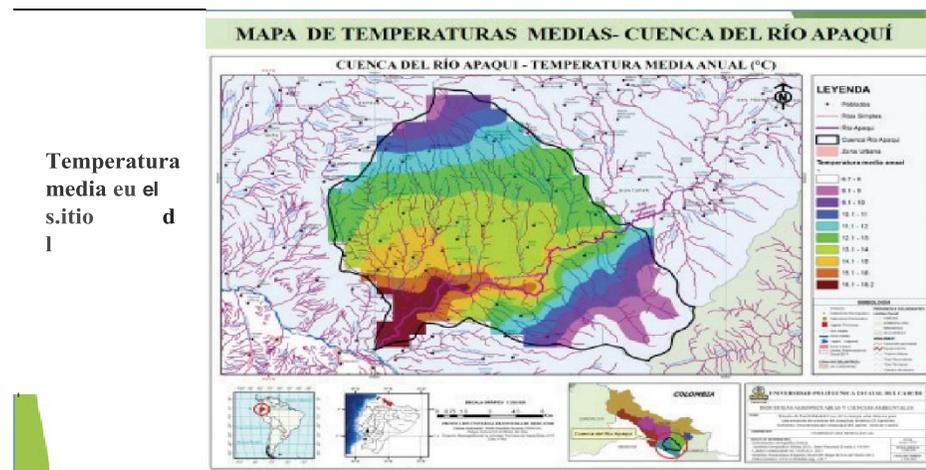
Ruiz, C., Mora, G., & Heredia, N. (Enero – Diciembre 2019). La energía solar en la Cuenca del río Apaquí como base para la formulación de proyectos de desarrollo sustentable, Carchi-Ecuador. *Tierra Infinita* (5), 83 - 90. <https://doi.org/10.32645/26028131.956>



**Figura 3.** Comparación de las radiaciones solares registradas en la estación meteorológica San Gabriel, análisis de 26 años.



**Figura 4.** Mapa solar cuenca del Río Apaquí-radiación solar (Kj/m<sup>2</sup>/día)



**Figura 5.** Mapa de temperaturas medias cuenca del Río Apaquí- temperatura media anual (°C)

## Conclusiones

Este Atlas se pone a disposición de las instituciones públicas y privadas, la comunidad científica y público en general como un valioso documento, que incluye la cuantificación del potencial solar disponible y con posibilidades de generación eléctrica, en base a mapas mensuales de insolación directa, con el fin de ubicar proyectos locales más específicos que permitan utilizar esta tecnología para obtener calor y electricidad para diversas aplicaciones.

Con la presentación del Atlas, se aspira que esta contribución, se sume al crecimiento y desarrollo económico y social del País.

Crear conciencia en instituciones públicas y privadas para la implementación de proyectos de generación eléctrica con uso de energía solar, contribuyendo de esta manera a solucionar los graves efectos del cambio climático en el planeta.

## Referencias Bibliográficas

- Agencia de Noticias Andes. (4 de febrero de 2013). *Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Auramérica*. (Andes, Ed.) Recuperado el 22 de Junio de 2017, de ANDES: <http://www.andes.info.ec/es/econom%C3%ADa/primera-central-fotovoltaica-ecuador-generar%C3%A1-ahorro-25-millones-d%C3%B3lares-diarios.html>
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2015). *Regulación y Control de la Electricidad*. Quito: ARCONEL.
- Almeida Betancourt, L. A. (2014). *Una Revisión de la Evaluación de la Calidad del Agua de los Ríos de la Provincia de Imbabura. Revisión de la Evaluación de la Calidad del Agua*. Loja, Provincia de Loja, Ecuador: Universidad de Loja.
- Araque, M. (mayo de 2010). *Manejo integral de la Cuenca Hidrográfica del Río Ambi ubicado en la provincia de Imbabura entre las poblaciones de Atuntaqui y Otavalo, sector cantón Cotacachi*. (USFQ, Ed.) Recuperado el 5 de mayo de 2017, de repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/4175/1/112574.pdf: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/1005>
- Consejo Nacional De Electricidad - CONELEC. (2016). *Ley del régimen del sector eléctrico*. Recuperado de <http://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/01/Leyes-Conexas.pdf>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2016). *Estaciones meteorológicas*. Recuperado de: [https://nodocitra.atalca.cl/docs/pdf/Cartilla\\_2\\_NODO\\_EMA.pdf](https://nodocitra.atalca.cl/docs/pdf/Cartilla_2_NODO_EMA.pdf)

---

Como citar este artículo:

Ruiz, C., Mora, G., & Heredia, N. (Enero – Diciembre 2019). La energía solar en la Cuenca del río Apaquí como base para la formulación de proyectos de desarrollo sustentable, Carchi-Ecuador. *Tierra Infinita* (5), 83 - 90. <https://doi.org/10.32645/26028131.956>

Latin American Energy Review. (2016). Energy Review. Recuperado de: <http://www.carlosstjames.com/renewable-energy>

Ministerio de Electricidad y Energías Renovables. (2008). *Políticas Energéticas de Ecuador 2008-2020*. Quito, Pichincha, Ecuador: MEER

RENEWABLE ENERGY. (2011). *Renewable energy policy network for the 21st century*. Recuperado de: [https://Red\\_de\\_Políticas\\_de\\_Energía\\_Renovable\\_paraelsiglo21](https://Red_de_Políticas_de_Energía_Renovable_paraelsiglo21)

---

Como citar este artículo:

Ruiz, C., Mora, G., & Heredia, N. (Enero – Diciembre 2019). La energía solar en la Cuenca del río Apaquí como base para la formulación de proyectos de desarrollo sustentable, Carchi-Ecuador. *Tierra Infinita* (5), 83 - 90. <https://doi.org/10.32645/26028131.956>