

Artículo Científico

Análisis del recurso solar en San Francisco de Paján (Ecuador): bases para la implementación de sistemas fotovoltaicos sostenibles

Analysis of solar resources in San Francisco de Paján (Ecuador): foundations for the implementation of sustainable photovoltaic systems



Guerrero-Calero, Juan Manuel ¹



<https://orcid.org/0000-0002-1356-0475>



juan.guerrero@unesum.edu.ec



Universidad Estatal del Sur de Manabí; Ecuador, Jipijapa



Romero-Castro, Martha Irene ²



<https://orcid.org/0000-0001-5043-8295>



martha.romero@unesum.edu.ec



Universidad Estatal del Sur de Manabí; Ecuador, Jipijapa



Mieles-Giler, Jorge Washington ³



<https://orcid.org/0009-0003-4739-8968>



jorge.mieles@unesum.edu.ec



Universidad Estatal del Sur de Manabí; Ecuador, Jipijapa



Moran-González, Miguel Ramon ⁴



<https://orcid.org/0000-0002-6072-3599>



miguel.moran@unesum.edu.ec



Universidad Estatal del Sur de Manabí; Ecuador, Jipijapa

Autor de correspondencia ¹



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n4/102>

Resumen: El presente estudio analiza el recurso solar disponible en la comunidad de San Francisco de Paján, con el propósito de evaluar su aplicabilidad en proyectos de energías renovables, particularmente sistemas fotovoltaicos comunitarios. Para ello, se recopilaron y procesaron datos históricos de irradiación solar, nubosidad y temperatura (2010–2024) provenientes de la plataforma NASA POWER. La información fue sometida a control de calidad y posteriormente analizada mediante métodos estadísticos y modelos de series temporales, complementándose con herramientas de sistemas de información geográfica. Los resultados evidencian que la irradiación global diaria promedio en la comunidad fluctúa entre 3,3 y 3,85 kWh/m²-día, con picos estacionales en marzo y abril que superan los 4,0 kWh/m²-día. El análisis de tendencia lineal indica una disminución progresiva de 0,01804 kWh/m²-día por año, lo que supone una reducción moderada hacia 2050, con valores proyectados entre 3,2 y 3,3 kWh/m²-día. No obstante, estos niveles continúan siendo técnicamente viables para la implementación de sistemas fotovoltaicos de pequeña y mediana escala.

Palabras clave: energía solar; irradiación global; sistemas fotovoltaicos; desarrollo sostenible



Check for updates

Received: 09/Oct/2025
Accepted: 22/Oct/2025
Published: 05/Nov/2025

Cita: Guerrero-Calero, J. M., Romero-Castro, M. I., Mieles-Giler, J. W., & Moran-González, M. R. (2025). Análisis del recurso solar en San Francisco de Paján (Ecuador): bases para la implementación de sistemas fotovoltaicos sostenibles. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 3(4), 177-188. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n4/102>

Revista Científica Ciencia y Método (RCyM)
<https://revistacym.com>
revistacym@editorialgrupo-aea.com
info@editorialgrupo-aea.com

© 2025. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional**.



Abstract:

This study analyzes the available solar resource in the community of San Francisco de Paján, with the purpose of assessing its applicability in renewable energy projects, particularly community-based photovoltaic systems. For this purpose, historical data on solar irradiation, cloud cover, and temperature (2010–2024) were collected from the NASA POWER platform. The information was subjected to quality control and subsequently analyzed using statistical methods and time series models, complemented with geographic information system tools. The results show that the average daily global irradiation in the community ranges between 3.3 and 3.85 kWh/m²·day, with seasonal peaks in March and April exceeding 4.0 kWh/m²·day. The linear trend analysis indicates a progressive decrease of 0.01804 kWh/m²·day per year, implying a moderate reduction towards 2050, with projected values between 3.2 and 3.3 kWh/m²·day. Nevertheless, these levels remain technically viable for the implementation of small- and medium-scale photovoltaic systems.

Keywords: solar energy; global irradiation; photovoltaic systems; sustainable development.

1. Introducción

En el marco de la transición energética global hacia fuentes más limpias y sostenibles, la energía solar se ha consolidado como una de las alternativas renovables con mayor proyección, gracias a su carácter inagotable, amplia disponibilidad y pertinencia para contextos locales (Rodríguez Espinosa et al., 2022). En Ecuador, la localización en la franja intertropical constituye una ventaja estratégica, pues asegura altos niveles de radiación solar durante todo el año, con un promedio diario estimado de 4,38 kWh/m²·día en diversas regiones del país.

De acuerdo con el Mapa Solar del Ecuador (2019), más del 75 % del territorio nacional presenta niveles de insolación superiores a 3,8 kWh/m²·día, lo que evidencia un potencial significativo para la implementación de sistemas fotovoltaicos en distintos escenarios, desde zonas urbanas hasta rurales aisladas. Particularmente, en la provincia de Manabí, estudios recientes sobre la irradiancia solar entre 2012 y 2022, realizados a partir de la base de datos NASA POWER, han identificado parroquias urbanas y rurales con condiciones favorables, destacándose Picoazá y Crucita como áreas con alto potencial para la captación de energía solar (Saltos Suárez & Mielles Giler, 2024).

Desde el punto de vista técnico, resulta esencial considerar aspectos como el ángulo de inclinación y la orientación de los paneles. En el caso ecuatoriano, debido a la casi perpendicular incidencia de los rayos solares, se recomienda un rango de inclinación

entre 7° y 19°, que además de optimizar la captación, favorece el efecto de autolimpieza y la regulación térmica de los módulos (Haro-Báez et al., 2023).

En el ámbito regional, las investigaciones de Guerrero-Calero han aportado evidencia aplicada sobre el aprovechamiento del recurso solar en Manabí. En 2024, el autor y su equipo diseñaron un sistema fotovoltaico para bombeo de agua en la comuna Joa, dimensionando paneles, inversores, baterías y sistemas de control adaptados a las necesidades locales de riego agrícola (Guerrero-Calero et al., 2024). De forma complementaria, en 2023 analizó junto a otros investigadores el potencial fotovoltaico de los campus universitarios de la Universidad Estatal del Sur de Manabí en Jipijapa, lo que permitió establecer lineamientos para la generación distribuida en contextos institucionales (Guerrero-Calero et al., 2023).

A nivel de infraestructura tecnológica, se ha demostrado que la sostenibilidad no solo depende de la disponibilidad de fuentes renovables, sino también de la integración de sistemas y materiales que reduzcan impactos ambientales. En este sentido, las tecnologías sostenibles aplicadas a infraestructuras de información, como el uso de energías renovables, la virtualización de procesos y el ecodiseño del hardware, han sido identificadas como pilares para garantizar eficiencia energética y sostenibilidad en el marco de la digitalización global (Rodríguez-Vizúete, Viteri-Ojeda & Villa-Feijoó, 2024). De manera complementaria, en el campo de la construcción, el empleo de materiales reciclados y aditivos ecológicos en pavimentos urbanos evidencia cómo la innovación puede favorecer tanto la reducción de emisiones como la durabilidad de las infraestructuras, aunque todavía enfrenta desafíos técnicos, regulatorios y sociales (Lizarraga-Aguirre, 2024).

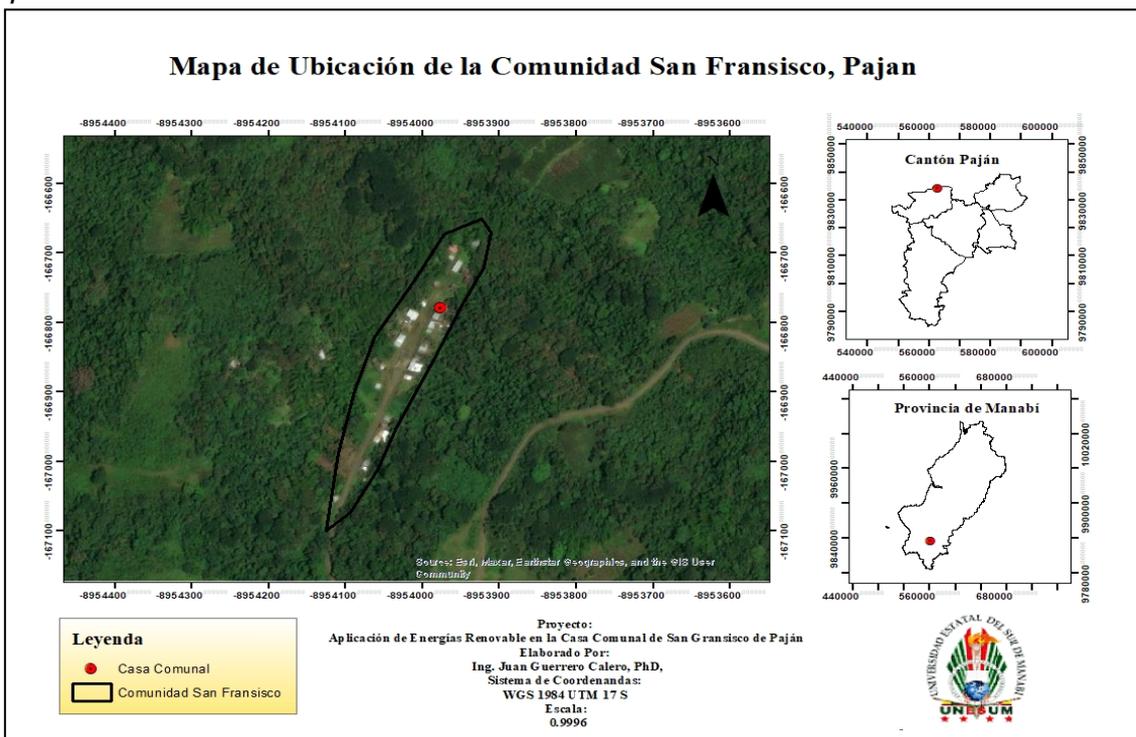
Esto resulta oportuno realizar un diagnóstico específico en la comunidad de San Francisco de Paján, donde las características climáticas, la nubosidad estacional y la topografía local condicionan la captación solar. Este análisis permitirá determinar la viabilidad técnica y económica de proyectos fotovoltaicos comunitarios, ofreciendo bases empíricas para la planificación energética, el impulso de la autonomía local y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en zonas rurales de Manabí.

2. Materiales y métodos

Área de estudio:

La comunidad de San Francisco, en el cantón Paján, provincia de Manabí, Ecuador, se ubica a unos 120 m s. n. m., cerca de los 1,6° S y 80,4° O. Presenta un clima tropical megatérmico, con temperaturas anuales de 24–26 °C y lluvias concentradas entre enero y abril.

Figura 1
Mapa de Ubicación



Nota: Datos obtenidos de Google Earth, 2025 (Autores, 2025).

Proceso Metodológico:

El presente diagnóstico se desarrolló para la comunidad de San Francisco, ubicada en el cantón Paján, provincia de Manabí, considerando un periodo de análisis histórico comprendido entre los años 2010 y 2024. Los datos fueron obtenidos de la plataforma NASA POWER Data, seleccionando el punto geográfico correspondiente a la ubicación de la comunidad. Las variables analizadas incluyeron la irradiación global horizontal (GHI), la irradiación difusa (DHI), la nubosidad total y la temperatura del aire a 2 metros, todas en su resolución diaria y posteriormente agregadas a valores mensuales y anuales.

Los archivos descargados en formato CSV fueron sometidos a un proceso de control de calidad que contempló la verificación de valores faltantes, la detección y tratamiento de datos atípicos mediante reglas estadísticas y la estandarización de unidades a kWh/m²-día para las variables de irradiación.

Se recopilaron datos de irradiación global para cada parroquia del cantón Paján, también provenientes de la plataforma NASA POWER Data, con el fin de realizar un análisis espacial complementario. Estos valores se integraron en un sistema de información geográfica y se empleó ArcMap versión 10.8 para la elaboración de un mapa temático de irradiación solar promedio anual. El mapa permitió visualizar la distribución espacial del recurso solar dentro del territorio parroquial, identificando zonas con mayor potencial para la implementación de proyectos fotovoltaicos.

La base de datos depurada de la comunidad de San Francisco se importó al software estadístico Minitab versión 19 para el análisis de series temporales. En primer lugar, se elaboraron gráficas de la variación anual y de la climatología mensual (promedio de los 12 meses) de la irradiación global. Posteriormente, se aplicó un análisis de tendencia mediante regresión lineal para identificar la dirección y magnitud de los cambios en la irradiación a lo largo del periodo 2010–2024, así como su significancia estadística.

Para la proyección de la irradiación global hasta el año 2050, se empleó el método Holt-Winters de triple suavizamiento exponencial, considerando una estacionalidad de 12 meses. Se evaluaron las versiones aditiva y multiplicativa del modelo, seleccionando aquella con menor error de predicción (MAPE y RMSE) y validando el ajuste mediante la prueba de Ljung-Box. La serie pronosticada se generó con valores puntuales e intervalos de predicción al 95 %, lo que permitió estimar el comportamiento futuro de la irradiación solar en la comunidad.

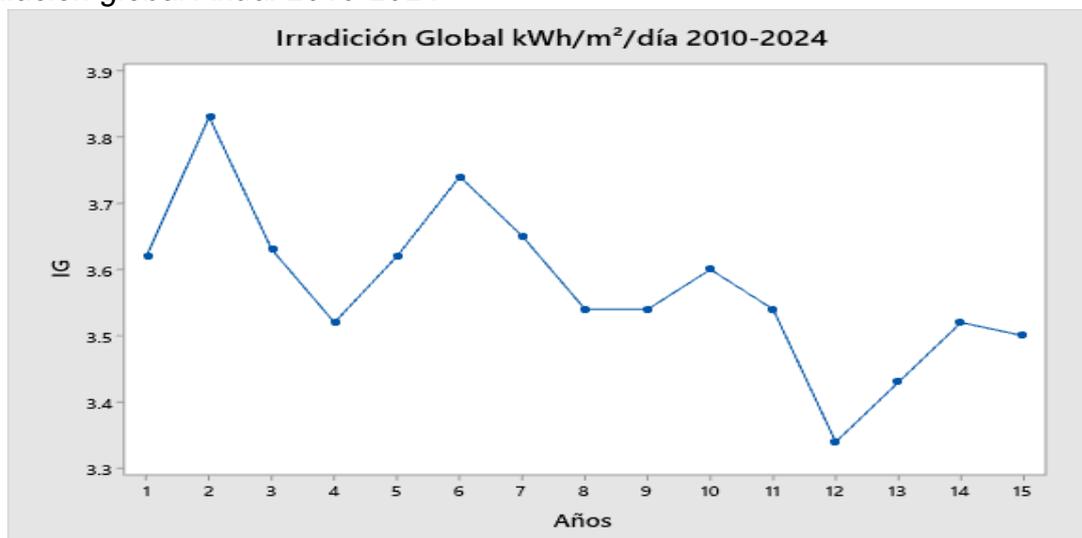
3. Resultados

En la figura 2 se observa que los valores fluctúan entre aproximadamente 3,3 y 3,85 kWh/m²·día. El valor más alto se presenta al inicio del periodo equivalente a 2011, mientras que el más bajo se registra en el año 2021. En general, existe una ligera tendencia decreciente a lo largo de los años, lo que sugiere una reducción paulatina de la disponibilidad de radiación solar promedio diaria en el sitio.

Aunque hay años con recuperaciones parciales 2015, 2017 y 2023, el patrón global indica que la variabilidad interanual puede estar influenciada por factores climáticos como nubosidad, fenómenos de El Niño/La Niña o cambios atmosféricos regionales, lo que debe considerarse en la planificación de sistemas fotovoltaicos.

Figura 2

Irradiación global Anual 2010-2024

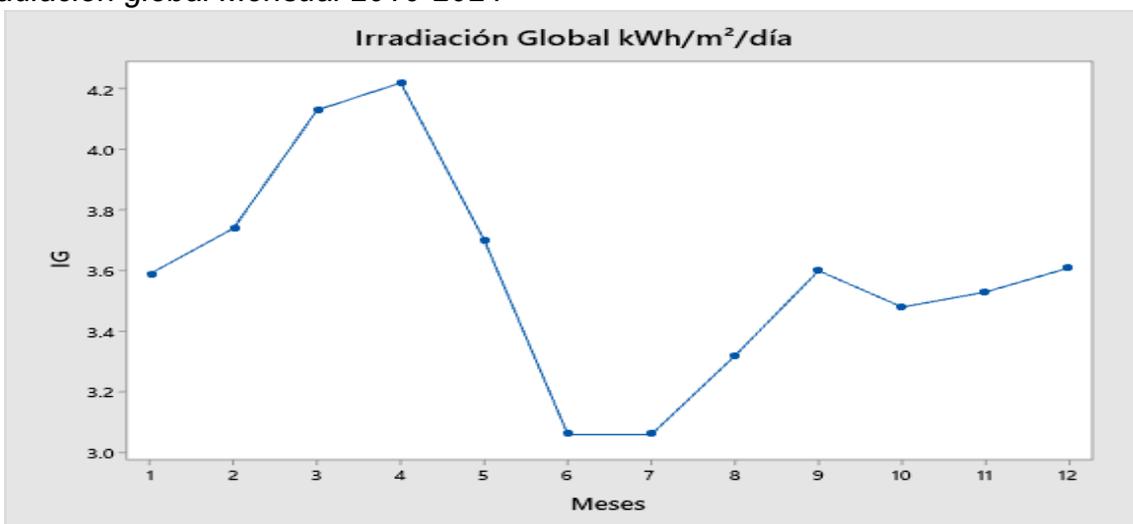


Nota: Datos obtenidos de Minitab 19 (Autores, 2025).

La figura 3 aprecia un incremento progresivo desde enero 3,6 kWh/m²·día hasta alcanzar los valores máximos en abril 4,2 kWh/m²·día. A partir de mayo, la irradiación disminuye bruscamente, llegando a su punto mínimo en junio y julio 3,05 kWh/m²·día. Posteriormente, se observa una recuperación gradual entre agosto y diciembre, cerrando el año con un valor cercano a 3,6 kWh/m²·día.

Este patrón refleja la influencia de la estacionalidad climática de la zona, donde los meses con mayor radiación coinciden con el final de la temporada húmeda y el inicio de la seca, mientras que los valores más bajos se registran en pleno periodo de mayor nubosidad.

Figura 3
Irradiación global Mensual 2010-2024



Nota: Datos obtenidos de Minitab 19 (Autores, 2025).

3.1. Análisis de tendencia

En la tabla 1 y figura 4 análisis de tendencia lineal de la irradiación global (IG) para el periodo 2010–2024 muestra una pendiente negativa de 0,01804 kWh/m²·día por año, lo que indica una disminución progresiva del recurso solar en la comunidad de San Francisco. El modelo ajustado presenta un valor inicial estimado de 3,7190 kWh/m²·día y refleja que, en promedio, cada año la irradiación global se reduce ligeramente, acumulando una pérdida aproximada del 0,49 kWh/m²·día en los 15 años evaluados.

Las diferencias entre los valores observados y los ajustados (residuos) revelan que algunos años estuvieron por encima de la tendencia, como 2011, 2015 y 2017, mientras que otros, como 2013, 2021 y 2022, se situaron significativamente por debajo.

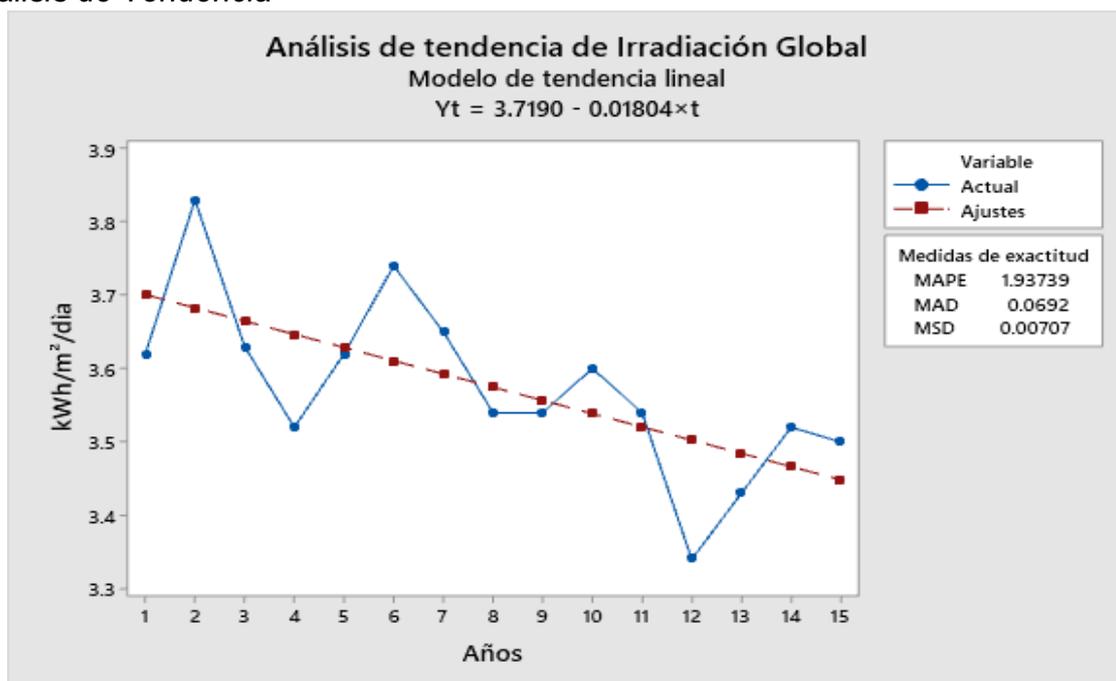
En síntesis, aunque la variabilidad interanual sigue siendo evidente, la tendencia general apunta a una leve disminución del potencial solar, lo que sugiere la necesidad de considerar este factor en la planificación de proyectos fotovoltaicos a largo plazo.

Tabla 1
Análisis de tendencia

Tiempo	IG	Tendencia	Eliminar tendencia
1	3.62	3.70092	-0.080917
2	3.83	3.68288	0.147119
3	3.63	3.66485	-0.034845
4	3.52	3.64681	-0.126810
5	3.62	3.62877	-0.008774
6	3.74	3.61074	0.129262
7	3.65	3.59270	0.057298
8	3.54	3.57467	-0.034667
9	3.54	3.55663	-0.016631
10	3.60	3.53860	0.061405
11	3.54	3.52056	0.019440
12	3.34	3.50252	-0.162524
13	3.43	3.48449	-0.054488
14	3.52	3.46645	0.053548
15	3.50	3.44842	0.051583

Nota: Datos obtenidos de Minitab 19 (Autores, 2025).

Figura 4
Análisis de Tendencia



Nota: Datos obtenidos de Minitab 19 (Autores, 2025).

3.2. Proyecciones de Irradiación Global.

En la tabla 2 y figura 5 el modelo de proyección de irradiación global obtenido mediante el método Holt-Winters muestra una tendencia general de disminución gradual del recurso solar entre 2025 y 2054, manteniendo la estacionalidad observada en los datos históricos.

En el periodo proyectado de 2040 a 2054, los valores estimados fluctúan entre 3,56 kWh/m²·día máximo en el 2041 y 3,07 kWh/m²·día mínimo en el 2051. Esto sugiere que, aunque se mantendrán oscilaciones anuales producto de la variabilidad

estacional, la tendencia a largo plazo es descendente, lo que podría implicar una pérdida acumulada de aproximadamente 0,28 kWh/m²·día respecto al promedio de 2025.

El pronóstico indica que la irradiación global en la comunidad de San Francisco podría experimentar una reducción moderada, lo cual debe considerarse en el diseño y dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos para garantizar su eficiencia futura.

Tabla 2

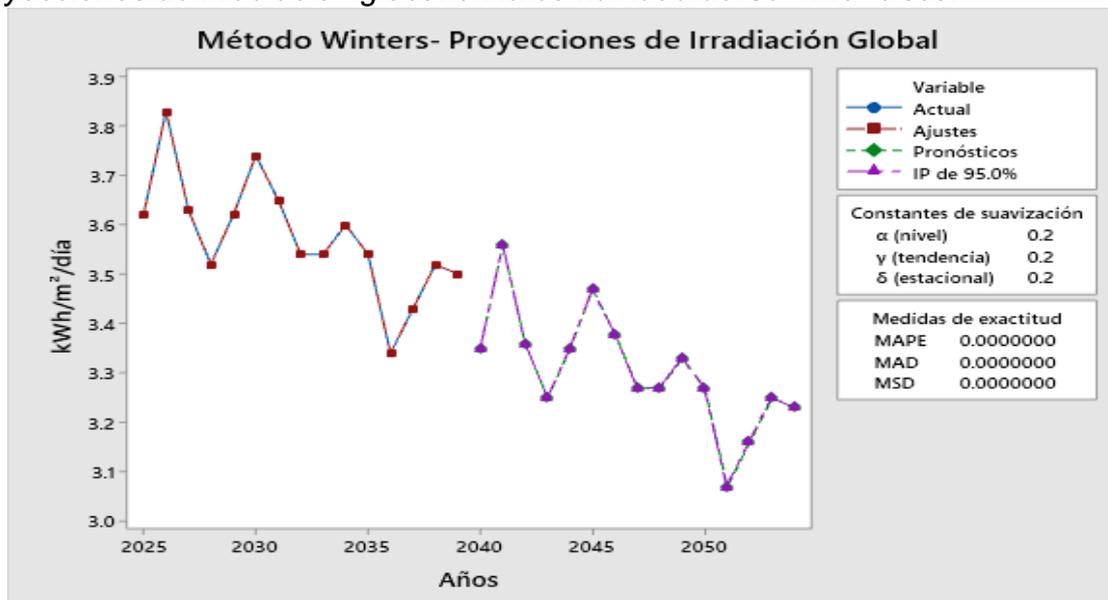
Proyecciones de Irradiación global en la comunidad de San Francisco.

Período	Pronóstico	Inferior	Superior
2040	3.34946	3.34946	3.34946
2041	3.55946	3.55946	3.55946
2042	3.35946	3.35946	3.35946
2043	3.24946	3.24946	3.24946
2044	3.34946	3.34946	3.34946
2045	3.46946	3.46946	3.46946
2046	3.37946	3.37946	3.37946
2047	3.26946	3.26946	3.26946
2048	3.26946	3.26946	3.26946
2049	3.32946	3.32946	3.32946
2050	3.26946	3.26946	3.26946
2051	3.06946	3.06946	3.06946
2052	3.15946	3.15946	3.15946
2053	3.24946	3.24946	3.24946
2054	3.22946	3.22946	3.22946

Nota: Datos obtenidos de Minitab 19 (Autores, 2025).

Figura 5

Proyecciones de Irradiación global en la comunidad de San Francisco.



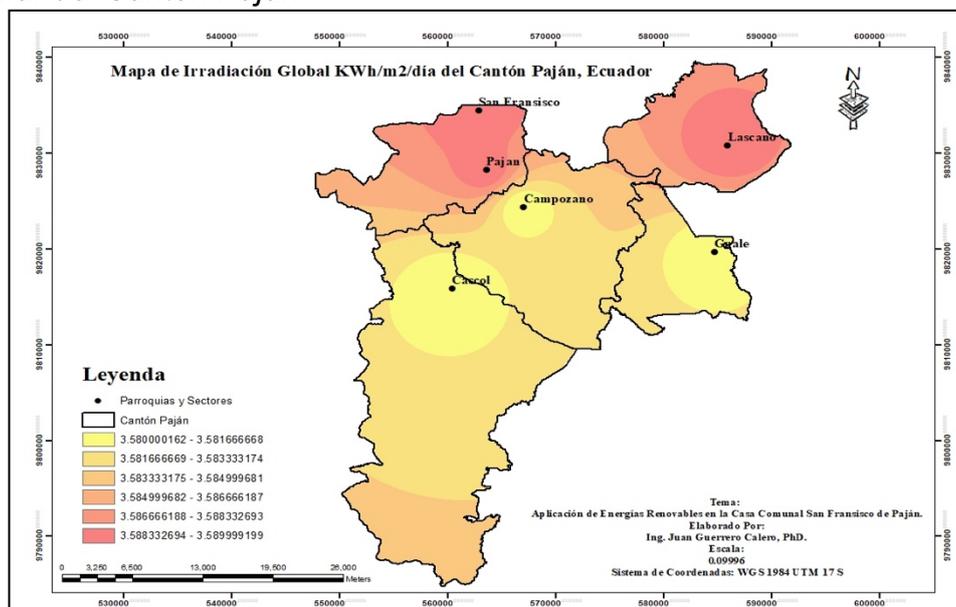
Nota: Datos obtenidos de Minitab 19 (Autores, 2025).

3.3. Mapa Solar del cantón Paján

En la figura 6. muestra la distribución espacial de la irradiación global promedio diaria en el cantón Paján, donde las parroquias de San Francisco y Lascano registran los

valores más altos cercanos a 3,59 kWh/m²·día), mientras que sectores del sur y sureste, como Guale y Cascol, presentan valores ligeramente menores alrededor de 3,58 kWh/m²·día. Esta variación indica que las zonas del norte poseen un mayor potencial para el aprovechamiento de energía solar fotovoltaica.

Figura 6
Mapa Solar del Cantón Paján



Nota: Datos obtenidos de NASA POWER Data, 2025 (Autores, 2025).

4. Discusión

Los resultados obtenidos en San Francisco de Paján muestran valores de irradiación global entre 3,3 y 3,85 kWh/m²·día durante el periodo 2010–2024, con una ligera tendencia decreciente. Esta variabilidad coincide con estudios en otras localidades de la costa ecuatoriana, donde factores climáticos como nubosidad, variabilidad estacional y fenómenos ENOS influyen en la disponibilidad del recurso solar (Saltos Suárez & Mieles Giler, 2024).

En concordancia, Rodríguez Espinosa et al. (2018) resaltan la importancia de caracterizar de manera detallada el recurso solar en Ecuador, dado que pequeñas variaciones anuales pueden incidir significativamente en la eficiencia y rentabilidad de los sistemas fotovoltaicos. El Mapa Solar del Ecuador (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2019) respalda estos hallazgos, al señalar que más del 75 % del territorio nacional mantiene un potencial mayor a 3,5 kWh/m²·día, especialmente en la región litoral.

Desde el punto de vista técnico, Haro-Báez et al. (2023) recomiendan ángulos de inclinación entre 7° y 19° para optimizar la captación solar en regiones intertropicales. En esta línea, Anchundia et al. (2024) demuestran que la implementación de sistemas

de seguimiento solar en la costa ecuatoriana puede incrementar la eficiencia de conversión hasta en un 19,6 %.

La sostenibilidad ambiental constituye otro eje fundamental. Guerrero-Calero, Santos-Díaz, Figueroa-Torre y Pulluquitin-Ramírez (2023) subrayan que la energía solar desempeña un papel decisivo en la reducción de la huella de carbono y en el cumplimiento de compromisos internacionales de mitigación climática. Paralelamente, Guerrero-Calero, Diego, Marco y Gema (2023) identifican como principal tendencia regional el uso de sistemas descentralizados de energía limpia, aunque advierten de desafíos relacionados con el financiamiento y la aceptación social.

La aplicabilidad de la energía solar en Manabí ha sido demostrada por experiencias locales. Guerrero-Calero et al. (2023) analizaron el potencial fotovoltaico en campus universitarios de Jipijapa, estableciendo lineamientos para la generación distribuida. Asimismo, Guerrero-Calero et al. (2024) diseñaron un sistema fotovoltaico para bombeo de agua en Joa, lo que confirma la factibilidad de proyectos comunitarios en contextos rurales de la provincia.

Estos resultados coinciden con tendencias internacionales. Kost et al. (2021) documentan que el costo nivelado de la electricidad renovable se ha reducido drásticamente en la última década, aumentando la competitividad de los sistemas fotovoltaicos. A su vez, el Renewables 2022 Global Status Report de REN21 (2022) enfatiza que la expansión de la energía solar a pequeña escala fortalece la seguridad energética y reduce la dependencia de combustibles fósiles.

Estas investigaciones recientes en América Latina señalan que los sistemas solares comunitarios no solo promueven la sostenibilidad ambiental, sino también el desarrollo económico local. López-González et al. (2020) muestran que los proyectos fotovoltaicos rurales en México mejoran la resiliencia comunitaria frente a crisis energéticas. De forma similar, Hernández-Moro y Martínez-Duart (2013) destacan que el potencial solar en Iberoamérica es suficiente para satisfacer gran parte de la demanda energética, siempre que exista planificación estratégica. Pereira et al. (2021) advierten que el cambio climático podría modificar los patrones de radiación en Sudamérica, lo que refuerza la necesidad de evaluaciones continuas del recurso solar.

El caso de San Francisco de Paján confirma que la región dispone de un potencial solar viable para la implementación de sistemas fotovoltaicos comunitarios sostenibles. No obstante, será crucial integrar tecnologías de optimización, monitoreo climático permanente y políticas públicas inclusivas para garantizar la resiliencia de estos proyectos en el largo plazo.

5. Conclusiones

Los datos históricos recopilados entre 2010 y 2024 evidencian que la irradiación global promedio diaria en San Francisco se mantiene en un rango de 3,3 a 3,8 kWh/m²·día,

alcanzando picos superiores a 4,0 kWh/m²·día durante los meses de marzo y abril. Estos valores resultan técnicamente viables para garantizar la operación eficiente de sistemas fotovoltaicos, ya que superan el umbral mínimo recomendado de 3,0 kWh/m²·día para proyectos de generación eléctrica a pequeña y mediana escala.

En cuanto a la evolución del recurso solar, el análisis de tendencia lineal junto con el modelo de proyección Holt-Winters muestran una ligera disminución hacia el año 2050, con valores estimados que rondarían entre 3,2 y 3,3 kWh/m²·día. A pesar de esta reducción proyectada, el potencial solar continuará siendo suficiente para sostener la viabilidad de proyectos fotovoltaicos durante las próximas décadas, siempre que se incorporen tecnologías de optimización como sistemas de seguimiento solar o paneles de alta eficiencia.

Finalmente, el análisis espacial confirma que la parroquia San Francisco presenta uno de los niveles más altos de irradiación dentro del cantón, con promedios cercanos a 3,59 kWh/m²·día. Esta ventaja comparativa respecto a otras parroquias la posiciona como un territorio idóneo para la implementación de sistemas fotovoltaicos tanto comunitarios como productivos, lo que podría traducirse en beneficios energéticos, económicos y ambientales sostenibles para la población local.

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.

Referencias Bibliográficas

- Anchundia, M. J., Alcívar, M. B., & Mendoza, L. A. (2024). Optimización de la captación solar mediante sistemas de seguimiento en la costa ecuatoriana. *Revista Científica Amazónica*, 12(1), 55–67. <https://doi.org/10.32719/26312816.2024.12.1.5>
- Echegaray-Aveiga, R. C., Masabanda-Caisaguano, M., Rodríguez Espinosa, F., Toulkeridis, T., & Mato, F. (2018). Solar Energy Potential in Ecuador. *Proceedings of the IEEE 5th International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG 2018)*. <https://doi.org/10.1109/ICEDEG.2018.8372318>
- Guerrero-Calero, J. M., Diego Raul, D. R., Marco Antonio, M. A., & Gema Elizabeth, G. E. (2023b). Energías limpias y desarrollo sostenible: una revisión sobre las tendencias y desafíos actuales. *Innova Science Journal*, 1(1), 38–50. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v1/n1/9>
- Guerrero-Calero, J. M., et al. (2024). Potencial fotovoltaico para sistemas de bombeo de agua en la comuna Joa, Manabí, Ecuador. *Journal of Economic and Social Research*, 2(1), 45–59. Disponible en: <https://www.economic-social-research.com/index.php/home/article/view/119>
- Guerrero-Calero, J. M., Gras-Rodríguez, R., Cruz-Macías, B., & Cabrera-Verdezoto, R. (2023c). Análisis del potencial fotovoltaico de los campus universitarios de

- la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa. *Revista Científica de la UESM*, 6, 333–341. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9177316>
- Guerrero-Calero, J. M., Santos-Díaz, A. P., Figueroa-Torre, D. A., & Pulluquitin-Ramírez, M. E. (2023a). El papel de las energías renovables en la reducción de la huella de carbono. *Space Scientific Journal of Multidisciplinary*, 1(2), 1–14. <https://doi.org/10.63618/omd/ssjm/v1/n2/11>
- Haro-Báez, A. G., et al. (2023). The Case of Puerto Ayora in Santa Cruz Island, Galapagos. *Sustainability*, 15(18), 13769. <https://doi.org/10.3390/su151813769>
- Hernández-Moro, J., & Martínez-Duart, J. M. (2013). Analytical model for solar PV and CSP electricity costs: Present LCOE values and their future evolution. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 119–132. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.082>
- Kost, C., Shammugam, S., Fluri, V., Peper, D., & Schlegl, T. (2021). Levelized Cost of Electricity – Renewable Energy Technologies. *Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE*. <https://doi.org/10.5445/IR/1000137842>
- Lizarraga-Aguirre, H. R. (2024). *Evaluación de materiales sostenibles en la construcción de pavimentos urbano*. *Revista Científica Ciencia y Método*, 2(1), 41-54. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v2/n1/30>
- López-González, A., Esparza, J., & Zárate-Toledo, E. (2020). Community-based solar energy projects in rural Mexico: Social acceptance and energy justice. *Energy Research & Social Science*, 70, 101736. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101736>
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2019). *Mapa Solar del Ecuador*. Quito, Ecuador. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X22000979>
- Pereira, E. B., Martins, F. R., Gonçalves, A. R., Costa, R. S., & Lima, F. J. (2021). Solar and wind energy resources over South America under future climate change scenarios. *Renewable Energy*, 164, 1092–1108. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.09.103>
- REN21. (2022). *Renewables 2022 Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat. <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
- Rodríguez Espinosa, F., Toulkeridis, T., Mato, F., & Echeagaray-Aveiga, R. C. (2018). Solar Energy Potential in Ecuador. *2018 IEEE 5th International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG)*. <https://doi.org/10.1109/ICEDEG.2018.8372318>
- Rodríguez-Vizueté, J. D., Viteri-Ojeda, J. C., & Villa-Feijoó, A. L. (2024). *Adopción de tecnologías sostenibles en infraestructuras de tecnologías de la información*. *Revista Científica Ciencia y Método*, 2(1), 55-67. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v2/n1/31>
- Salto Suárez, C. A., & Mieles Giler, J. W. (2024). Análisis del potencial de irradiación solar en el cantón Portoviejo, Ecuador (2012–2022). *Pentaciencias*, 6(5), 194–202. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v6i5.1203>