

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN SECTORES DEL ECUADOR CON DIFÍCIL ACCESO Y/O DESPROVISTOS DE SERVICIO ELÉCTRICO: UN ESTUDIO DESDE LAS EXPERIENCIAS LATINOAMERICANAS

PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN SECTORS OF ECUADOR WITH DIFFICULT ACCESS AND/OR WITHOUT ELECTRICITY SERVICE: A STUDY FROM LATIN AMERICAN EXPERIENCES

Marco Vinicio Ávila Paredes¹; Elizabeth Teresa Flores Lazo²; Juan Carlos Cobos Torres¹;
Manuel Salvador Alvarez Vera¹

¹Universidad Católica de Cuenca, Vargas Machuca, Cuenca, Ecuador, correo: marcoavila@outlook.com
(<https://orcid.org/0009-0004-9255-9924>); juan.cobos@ucacue.edu.ec (<https://orcid.org/0000-0001-8153-8379>);
malvarezv@ucacue.edu.ec (<https://orcid.org/0000-0002-2521-0042>)


²Centro de Investigación e Intervención Social y Económica “Flor de Lotus”,
correo: floreslazoelyte@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0003-0064-970X>)

Recibido: 31 de agosto, 2022. **Aprobado:** 06 de septiembre, 2022. **Versión final:** 04 de septiembre, 2023.

Resumen

La investigación analizó la implementación de energía solar fotovoltaica en sectores del Ecuador con difícil acceso y/o desprovistos de servicio eléctrico, con énfasis en la amazonia ecuatoriana, basado en experiencias de países Latinoamericanos. La metodología tuvo un nivel de alcance exploratorio y descriptivo, con enfoque cualicuantitativo, no experimental de corte transversal; su enfoque cualitativo respondió a una revisión sistemática y su enfoque cuantitativo a un estudio basado en metaanálisis, de la aplicación de criterios de inclusión se obtuvo un total de 103 trabajos investigativos, cantidad reducida a 56 con la aplicación de criterios de exclusión; clasificada la información, 32 resultaron idóneos para el proceso descriptivo de revisión sistemática y 24 para metaanálisis. Al finalizar la investigación se determinó que la implementación de energía solar fotovoltaica en sectores de difícil acceso y/o desprovistos de servicio eléctrico financieramente no es viable en sectores rurales e incluso urbanos, ya que la vida útil de los paneles solares oscila entre los 10 a 25 años y la recuperación de inversión se proyecta a largo plazo (10 años), implicando con ello elevados costos y un elevado riesgo para inversionistas y el estado; por otro lado, las condiciones geofísicas de la región amazónica del Ecuador es idónea para su implantación; sin embargo, la falta de políticas públicas e incentivos que impulsen el cambio de matriz energética y consecuentemente la implementación de este y otros sistemas de energía renovable no ha sido efectivo. Por otro lado, la evaluación de impacto ambiental refleja resultados positivos, pues su implementación reduciría los niveles de contaminación y alinearía al país eficientemente a los objetivos de desarrollo sostenible (Agenda 2030).

Palabras claves: Energía solar, fotovoltaica, servicio eléctrico, renovable.

Cómo citar: Ávila Paredes, M. V., Cobos Torres, J. C., Flores Lazo, E. T., & Alvarez Vera, M.S. (2023). Sistemas Fotovoltaicos en Sectores del Ecuador con Dificil Acceso y/o Desprovistos de Servicio Eléctrico: un Estudio desde las Experiencias Latinoamericanas. *Fuentes, el Reventón energético*, 21(2). 29-44. <https://doi.org/10.18273/revfue.v21n2-2023003> 

Abstract

The research analyzed the implementation of photovoltaic solar energy in sectors of Ecuador with difficult access and/or lack of electrical service, with emphasis on the Ecuadorian Amazon, based on experiences from Latin American countries. The methodology has an exploratory and descriptive level, with a quantitative approach, in a cross-sectional experiment; its qualitative approach responded to a systematic review and its quantitative approach to a study based on meta-analysis. From the application of inclusion criteria, a total of 103 research papers were obtained, a number that was reduced to 56 with the application of exclusion criteria; Once the information was classified, 32 were suitable for the descriptive process of systematic review and 24 for meta-analysis. At the end of the investigation, it was determined that the implementation of photovoltaic solar energy in sectors of difficult access and/or economically devoid of electrical service is not viable in rural and even urban sectors, since the useful life of solar panels ranges between 10 and 25 years and the recovery of the investment is projected in the long term (10 years), thereby implying high costs and a high risk for investors and the State; on the other hand, the geophysical conditions of the Amazon region of Ecuador are ideal for its implementation; however, the lack of public policies and incentives that promote the change in the energy matrix and consequently the implementation of this and other renewable energy systems has not been effective. On the other hand, the environmental impact assessment reflects positive results, since its implementation would reduce pollution levels and efficiently align the country with the sustainable development objectives (2030 Agenda).

Keywords: Solar energy, photovoltaic, electrical service, renewable.

1. Introducción

En el mundo 1.100 millones de personas no cuentan con acceso al servicio eléctrico (Lorio y Sanin, 2019), y en América Latina, pese al aumento de la cobertura eléctrica, pasando del 50% en 1970 a más del 95% para 2015 (Aqueveque, 2009), a la fecha aún existen zonas desprovistas de este y otros servicios básicos para la vida y actividad humana, siendo afectadas principalmente las zonas rurales y sectores alejados de las urbes; consecuentemente, los asentamientos humanos de estos sectores reflejan una serie de necesidades y demandas difícilmente atendidas.

Numerosos estudios analizan la evolución del acceso a la electricidad en América Latina y el Caribe, reflejando un ascenso en la tasa de electrificación del 65% en 1990 a 87% para 2012 y al 97% para 2018; si bien el avance ha sido significativo, 19.04 millones de personas todavía carecen de este servicio; en concordancia, la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) señala que América Latina y el Caribe exhiben menor brecha de acceso a la electricidad entre medio urbano y rural con el 10,4% en comparación con África con una brecha de 48,7% (Lorio y Sanin, 2019).

Otros factores a considerar para el estudio de la implementación de sistemas de servicio eléctrico son aquellos relacionados a aspectos socioeconómicos, nivel de educación, género del jefe del hogar, entre otros, pero sobre todo la adopción de políticas y regulaciones de los países para reducir la brecha de electrificación (Lorio y Sanin, 2019), ya que comprender las disparidades de desempeño entre países permitiría tener una visión holística del

problema, enfocados no solamente en la demanda de un servicio, sino también de las repercusiones de la insatisfacción de esta necesidad en la calidad de vida de sus habitantes.

Varias son las experiencias de implementación de energía desde América Latina, tal es el caso del proyecto de reforestación con 11000 ejemplares de árboles nativos en el Cerro Calán en Chile, en un área de 45 Ha, cuya imperiosa necesidad de un sistema de riego, logró la elevación de agua por medio de energía solar fotovoltaica; la decisión se basó por un lado, en la tendencia mundial de utilizar formas limpias de energía y por otro, identificar alternativas en zonas alejadas de la red eléctrica (Aqueveque, 2009). Se espera que, al cabo de 5 años de funcionamiento, el proyecto se convierta en un referente para la generación de políticas públicas para el otorgamiento de créditos a pequeños agricultores y regantes, para la adquisición de paneles fotovoltaicos y bombas solares para sus proyectos (Aqueveque, 2009).

Entonces, el acceso a diferentes formas de energía es una variable importante al evaluar la calidad de vida de la población, ya que está directamente vinculada a la inclusión social y la igualdad, pudiendo ser posible mediante energías renovables (Ottavianelli y Cadena, 2016), más aún al considerar las bondades de los “Sistemas fotovoltaicos de tercera generación”¹ en comparación con sistemas convencionales.

1 (Hisour Arte Cultura Historia, 2022) Los sistemas fotovoltaicos de tercera generación son células solares que son potencialmente capaces de superar el límite de Shockley-Queisser de 31 al 41% de eficiencia energética.

Por otro lado, el acceso a la electricidad a través de sistemas domésticos de energía solar en comunidades rurales de Perú, si bien refleja menores gastos que las fuentes tradicionales (velas y baterías para linternas), estos son proporcionales a la tarifa por el uso del sistema, por ejemplo, si los niños pasan más tiempo haciendo tareas utilizando fuentes tradicionales, ello se traduce en mayores años de escolaridad y tasas de matrícula (Arráiz y Calero, 2014); y, si bien en los hogares con sistema solar las mujeres dedican menor tiempo a la agricultura y los hombres al comercio, este no ha tenido un impacto evidente en los ingresos o la pobreza (Arráiz y Calero, 2014).

Asimismo, la generación de CO₂ debido al consumo de diésel para la producción de camarón, llevó a la necesidad de un estudio técnico-financiero de implementación de energía fotovoltaica para alimentación de bombas que mitiguen los efectos de la contaminación; sin embargo, pese a los beneficios ambientales, económicamente no fue viable debido a los altos costos de instalación, frente a sistemas convencionales (Herrera González y Solórzano Neira, 2017). Este particular representa un desafío para los gobiernos de cara a las demandas y beneficios a largo plazo.

En Ecuador, aún existen sectores rurales que debido a condiciones geográficas, se encuentran apartadas del anillo de la red eléctrica nacional (Ten Palomares y Boni Aristizabal, 2016), contexto donde las demandas sociales por insatisfacción de servicios básicos mantienen un rezago social histórico que, pese a los esfuerzos estatales ponen en manifiesto una deuda pendiente con los sectores más vulnerables del país; pues, si bien existe una aceptación al uso de energías renovables debido a las ventajas, beneficios y familiaridad con el medio ambiente, requieren aún de políticas que incentivan su uso e impulsen el cambio de matriz energética, fundamentalmente debido a la dependencia al petróleo (Ponce-Jara et al., 2018).

En este sentido, la baja implementación de formas alternativas de energía como los sistemas fotovoltaicos, pese a contar con zonas aceptables por sus índices de radiación y favorable ubicación geográfica por la zona ecuatorial, es una alternativa para reducir significativamente la dependencia de hidroeléctricas; a la vez, que reduciría la exclusión social de poblaciones privadas del derecho constitucional a una vida digna, mediante el acceso a servicios básicos, pues es responsabilidad del estado proveer y garantizar su acceso. Es el caso de la región Amazónica del Ecuador y otros sectores rurales e incluso urbanos, que por

distintas razones incluidas aquellas relacionadas a condiciones geográficas presentan dificultades para acceder al servicio de luz eléctrica (Icaza et al., 2018).

Además, considerando que en Ecuador existen 1.149 parroquias, de las cuales 790 son rurales y 359 urbanas (Icaza et al., 2018), es de interés analizar las experiencias de implementación de energía solar fotovoltaica en otros países Latinoamericanos, a fin vislumbrar alternativas de solución al deficiente o nulo servicio de luz eléctrica en sectores de difícil acceso y periferias urbanas; incluso para sectores con asentamiento de población voluntariamente aislada, quienes mayoritariamente utiliza baterías altamente contaminantes.

En concordancia, Kotra y Mishra (Kotra y Mishra, 2015) refiere las bondades y aplicaciones de la electrificación con energías renovables en zonas rurales, considerándola también como una alternativa de desarrollo sostenible y sustentable. Aunado, en 2016, fueron escasos los proyectos de electrificación para las poblaciones rurales e indígenas amazónicas (Ten Palomares y Boni Aristizabal, 2016); es así que, para 2018, el índice de cobertura eléctrica nacional se situó en el 97,05%, mostrando menor tasa de cobertura la Región Amazónica Ecuatoriana con el 92,77% y la provincia de Morona Santiago fue la más baja del país con el 86,16%; en contraste, la tasa de consumo de energía eléctrica en la región amazónica es de 2,77% frente al 40,02% de la sierra y el 56,89% de costa (Agencia de Regulación y Control de Electricidad – [ARCONEL], 2018). Estos datos reflejan que las comunidades de la zona rural en la región amazónica del Ecuador sin acceso al servicio eléctrico se encuentran en desventaja social cuyas repercusiones se extienden hacia todas las esferas de sus vidas.

En efecto, las comunidades rurales valoran la electricidad por sus efectos positivos en la salud, educación, seguridad y mayor participación de la mujer en el mercado de trabajo, debido a su incidencia en la economía (Mendieta y Escribano, 2015); a la par, es relevante el papel que desempeñan las administraciones públicas, sociedad civil, redes existentes en territorio y las capacidades de las población, en el desarrollo rural y la transformación de la agroindustria y el turismo (Mendieta y Escribano, 2015).

Por lo expuesto, analizar la implementación de energía solar fotovoltaica en sectores de difícil acceso y/o desprovistos de servicio eléctrico en Ecuador con énfasis en sectores de la Amazonía ecuatoriana,

mediante una revisión de las experiencias realizadas en países de América Latina, es relevante pues pretende dar respuesta a las problemáticas adyacentes a la falta de servicio eléctrico y rezago social de la población; asimismo, pretende ser considerada en estudios técnicos integrales para su implementación y por los entes rectores generadores de política pública que impulsen su implementación tanto formal en la norma, como en la generación de las condiciones necesarias para su ejecución.

Para el desarrollo de la investigación se plantearon las siguientes preguntas: ¿Es factible implementar energía solar fotovoltaica en los sectores de difícil acceso y/o desprovistos del servicio eléctrico en Ecuador? y, ¿Cuáles son las condiciones necesarias para la implementación de sistemas de energía solar fotovoltaica en los sectores de difícil acceso y/o desprovistos del servicio eléctrico en Ecuador?

2. Materiales y métodos

La investigación tuvo un nivel de alcance exploratorio y descriptivo, el estudio exploratorio tuvo como objetivo, a decir de Hernández Sampieri, Fernández y Baptista (2003) examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes, es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio.

Tal es el caso de los estudios relacionados con la temática planteada, que luego de la revisión de la literatura nacional y extranjera (A nivel de Latinoamérica) reveló una limitada producción científica en torno a la implementación de energía solar fotovoltaica, conduciendo a la idea de que las energías renovables en sectores de desabastecimiento no han sido mayoritariamente explotadas e implementadas, pese a ser consideradas como alternativas de solución sostenible y sustentable.

Por otro lado, la investigación describe casos y contextos, en afán de especificar propiedades, procesos y características de lugares donde fue implementada o estudiada la viabilidad de implementación de energía solar fotovoltaica en sectores con desabastecimiento de energía eléctrica en países Latinoamericanos.

2.1 Tipo de investigación

La investigación tuvo un enfoque mixto, cuali-cuantitativo, no experimental de corte transversal.

Su enfoque cuantitativo respondió a un conjunto de procesos secuenciales y probatorios que la investigación, y el enfoque cualitativo respondió a una revisión sistemática de la producción científica recolectada confines exploratorios y descriptivos.

2.2 Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

Las técnicas utilizadas fueron el meta-análisis, que por la extensa información recolectada fue acompañada de las técnicas de análisis de datos cuantitativos como cualitativos, cuya conjugación otorgó resultados altamente confiables.

La técnica del meta-análisis implicó una síntesis cuantitativa de la evidencia acumulada sobre las preguntas de investigación, cuya resolución o respuesta se basó en la información contenida en estudios previamente publicados (estudios primarios). La aplicación de esta técnica fue importante, ya que sus características de: precisión, objetividad y replicabilidad dieron alta confiabilidad a los resultados obtenidos. Se llevó a cabo la localización de estudios relacionados y la codificación permitió caracterizar los trabajos.

Los resultados cualitativos provenientes de la revisión sistemática de los trabajos de investigación recolectados tuvieron como fin complementar la técnica de meta-análisis, permitiendo estudiar la información de una manera “objetiva” y sistemática; cualificó los resultados de los trabajos recolectados, convirtiéndolos en categorías y subcategorías, para someterlos a análisis descriptivo.

2.3 Universo de estudio y tratamiento muestral

Los trabajos investigativos se obtuvieron a partir de búsquedas en bases de datos como: Scopus, Redalyc, Scielo, Google Académico y Latindex; así como en Repositorios de Instituciones de Educación Superior a nivel nacional; por tanto, se contó con artículos y tesis de grado y posgrado. En la etapa de preselección, de la revisión y recolección de datos se obtuvieron un total de 103 trabajos que cumplían los criterios de inclusión, véase Figura 1.

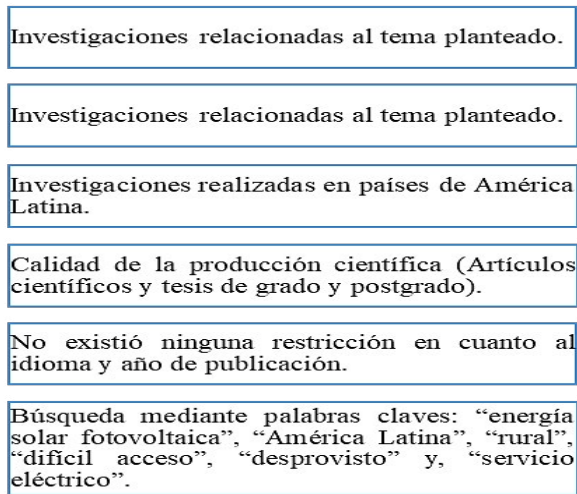


Fig. 1. Criterios de inclusión aplicados para la selección de los trabajos de investigación

Posteriormente, luego de la revisión de los trabajos, en la etapa de selección se procedió a discriminar trabajos bajos siguientes criterios de exclusión, véase Figura 2.

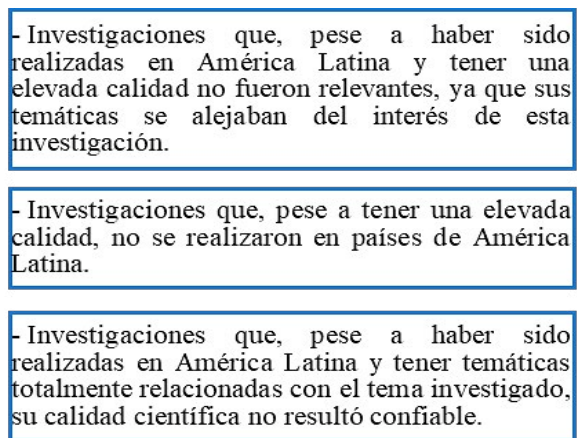


Fig. 2. Criterios de exclusión aplicados para la selección de los trabajos de investigación.

3. Resultados

Los resultados presentados en la investigación, de acuerdo a la revisión sistemática y al metanálisis, luego de aplicar los criterios para definición de universo de estudio y tratamiento muestral fueron los siguientes:

- Se contó con un total de 47 trabajos excluidos y 56 trabajos aptos para realizar la investigación. Seguido, se sub clasificó la información apta para realizar la investigación, quedando así:
- Treinta y dos (32) trabajos de investigación idóneos para realizar procesos descriptivos de revisión sistemática, por su naturaleza cualitativa y

veinticuatro (24) trabajos de investigación idóneos para realizar procesos de investigación basados en metaanálisis por su naturaleza cuantitativa.

3.1 Resultados descriptivos de revisión sistemática

De los 32 trabajos de investigación idónea para realizar el proceso descriptivo de revisión sistemática recopilada a nivel nacional e internacional (Latinoamérica), 10 correspondientes al 31,25% proviene de Ecuador, y 22 trabajos correspondientes al 68,75% provienen de países de Latinoamérica; la mayor cantidad de producción corresponde a Colombia y Ecuador con un 37,50% y 31% respectivamente; el tipo de trabajo refleja una diferencia significativa, puesto que la totalidad de trabajos de Ecuador fueron publicados como “Tesis”, y en Colombia como “Artículos científicos”, véase Tabla 1.

Tabla 1.

Tipo de producción científica clasificada por países (Latinoamérica)

Tipo / País	Colombia	Costa Rica	Cuba	Ecuador	México	Venezuela	Total
Art. Científico (%)	37,5	3,1	9,4	0,0	12,5	6,3	68,8
Tesis (%)	0,0	0,0	0,0	31,2	0,0	0,0	31,2
Total (%)	37,5	3,1	9,4	31,2	12,5	6,3	100

La producción internacional (Latinoamérica) oscila entre los años 2007 a 2020, la mayor producción se ubica entre 2014-2017, Colombia refleja el mayor porcentaje con el 54,55%, seguido de México y Cuba con el 18,18% y 13,64% respectivamente.

En 2007, Colombia ya presentaba avances tecnológicos con dispositivos termofotovoltaicos (Oyola y Gordillo G, 2007). Para 2008, el interés por las Fuentes de Energía Nuevas y Renovables -FENR- y en particular en la solar, se encontraba al vaivén de las crisis de energía (Rodríguez Murcia, 2008), generándose a la par, iniciativas regionales como la “Conferencia Regional para América Latina y el Caribe sobre Energías Renovables” impulsaron a los países miembros al acuerdo de promover estas energías teniendo como meta para 2010 que la región utilice por lo menos un 10% de energías renovables del consumo total energético (Rodríguez Murcia, 2008). Para 2009, el mismo país, con

alta confiabilidad en la tecnología solar fotovoltaica, en adelante -TSF-, pese a los costos de inversión elevados, en contraste con la recuperación a mediano plazo, hicieron factible la utilización masiva de los sistemas fotovoltaicos, en adelante -SF- en Risaralda; el sistema garantizó seguridad, fiabilidad y continuidad en el servicio de la energía eléctrica sin interrupciones por fallas, instalándose en cualquier lugar, sea sobre techos fijos en la tierra o con seguidores solares para tener un aprovechamiento efectivo con la salida del sol, además, contó con una vida útil promedio de 20 años (Mesa et al., 2009). Es así que, para 2010 los SF ya fueron empleados para convertir energía solar en electricidad (Escobar Mejía, Torres, y Hincapie Isaza, 2010).

Por su parte, Cantillo y Conde (2011), de su diagnóstico técnico y comercial del sector SF del caribe colombiano, refieren como, pese a las excelentes condiciones naturales, la falta de normas y políticas que estimule la inversión ocasionó que el mercado en su totalidad sea representado por la construcción de sistemas autónomos desconectados de la red eléctrica y en zonas apartadas, en su mayoría japonesas (Cantillo Guerrero y Conde Danies, 2011); posicionándose como mayorista para 2012, la empresa Coéxito S.A (Cantillo Guerrero y Daza Escorcia, 2012). Por otra parte, los sistemas de generación fotovoltaicos en Medellín, demostraron su viabilidad económica en el tiempo (Herrera, Miranda, Arango-Zuluaga, Ramos-Paja, y González-Montoya, 2013); con la recomendación de ser conectado a la red, a fin de ser adaptado en futuras tecnologías (Hernández Mora, Cortés Borray, Balaguera Cañola, y Urueña Saavedra, 2014). En 2015, Colombia fue el país de Latino América con mayor cantidad de producción científica relacionada a la temática, por la importancia y necesidad que ha tenido para dotar de servicios a la población, fundamentalmente en zonas de difícil acceso (Ardila et al., 2015). En el mismo año, Pasqualino, Cabrera y Vanegas (2015), evaluaron los proyectos de energía fotovoltaica y eólica en la Región Caribe, (Guajira), con resultados socioeconómicos positivos, como la generación de empleo y la disponibilidad de energía en zonas no interconectadas.

Entre 2017 y 2020, a nivel mundial y con mayor auge, se consideró a la energía solar como parte de la oferta energética, fundamentalmente en países donde existen políticas definidas; Colombia por su parte, la adoptó como alternativa para el abastecimiento en comunidades rurales (Serrano-Guzmán et al., 2017).

La experiencia de Venezuela en 2010 refiriere que tanto la tecnología solar termoeléctrica² como fotovoltaica pueden ser utilizadas para generar corriente continua y de baja tensión (Juanicó y Rinalde, 2010); una experiencia destacada en 2014, fue el resultado del modelo de Kriging Ordinario, que arrojó como resultado la identificación de áreas que por su potencial de energía solar superior, podrían catalogarse como excelentes fuente de energía solar aprovechable según estándares internacionales (Posso et al., 2014).

Al respecto, Cuba, al evaluar el potencial solar y las condiciones de ordenación territorial en 2012, reflejó que el modo de conexión a la red de distribución de la energía generada con tecnología fotovoltaica implicaba pérdidas asociadas a procesos eléctricos tradicionales (Rodríguez Gámez M. , Vázquez Pérez, Castro Fernández, y Vilaragut Llanes, 2013). Para 2014, consideró la viabilidad de introducir nuevas alternativas de generación de energía eléctrica a partir de sistemas fotovoltaicos conectados a red en las proximidades de la central eléctrica, abaratándolas aprovechando los sistemas de transformación y distribución de subestación existentes (Giraudy et al., 2014). Cuatro años más tarde, en 2018, Cuba contaba ya con normativa para la planificación y montaje de Paneles solares fotovoltaicos (Gallego Landera, Arias García, Casas Fernández, y Sosa Plasencia, 2018).

Por su parte, en México la producción a partir de 2015 a 2017, permitió comparar la producción de energía del sistema con la radiación solar global, llegaba a aprovechar hasta un 13.27 % de la energía disponible (Arreola et al., 2015). Para 2017, se refleja una disminución en costos de sistemas FV competitivos aún para valores de la radiación solar promedio (Rivera-Martínez et al., 2017); dentro de las limitaciones, se destaca la falta de proveedores, escasa actividad de investigación en energías renovables, escasez de programas educativos relacionados con las fuentes renovables de energía, falta de vinculación entre las instituciones educativas, las empresas y la escasez de recursos humanos calificados (Rivera-Martínez et al., 2017).

En este sentido, la normativa y política pública que se genere en torno a la utilización de energía

² La Tecnología solar termoeléctrica consiste en el empleo de la radiación solar incidente sobre la superficie terrestre para el calentamiento de un fluido que se hace pasar posteriormente por una etapa de turbina, bien directamente, en las configuraciones sólo-primario, o a través de un sistema de intercambio térmico con otro fluido que circula por la turbina en la configuración conocida como primario-secundario (Romero Álvarez, M. R. 2006).

solar fotovoltaica resulta indispensable para su implementación; tal es el caso del municipio de Nezahualcóyotl, localidad caracterizada por la marginación, donde la utilización de energía solar fotovoltaica cobra interés al existir beneficios económicos para su utilización (Arenas et al., 2017). Pese a que los costos para la construcción de una planta de generación de electricidad a partir de combustibles fósiles, sigue siendo la alternativa económicamente viable, esta se enfrenta a retos de fluctuación de costos y la normatividad internacional para limitar los gases de efecto invernadero; además del agotamiento de estos recursos a futuro (Beltrán-Telles et al., 2017).

Finalmente, en Costa Rica, la baja producción científica, refiere que para 2018, la energía consumida en los procesos del ciclo de vida FV se compensan entre los 2,7 y 3 años, si se toma en cuenta una vida útil de 25 años (Rojas y Lizana, 2018).

Respecto a Ecuador, la evidencia de producción científica cualitativa, recopilada para los fines descriptivos de esta investigación, data desde 1994 hasta 2021, encontrándose en repositorios de Universidades nacionales en formato Tesis de grado y posgrado; luego de Colombia, Ecuador es el país con mayor cantidad de producción científica de los países de Latinoamérica, es así que, del estudio de aplicabilidad del SF como fuente renovable de energía realizado en 1994, ya se consideraba la idoneidad de su aplicación, fundamentalmente en sitios aislados de la región oriental, occidental, paramos andinos y estribaciones de las cordilleras del país, donde el acceso a las líneas de distribución eléctrica no era posible por su lejanía (Medina de Procel, 1994). Luego de 20 años, para 2015, el sistema ya fue considerado hábil para funcionar bajo ciertas condiciones climáticas, en sitios remotos y carentes de acceso a una red eléctrica convencional (Diseño y construcción de un sistema de generación de energía fotovoltaica con respaldo de alimentación y control automático de carga, 2015), además, su aplicabilidad cumplía con normas nacionales e internacionales de calidad (Pilatasig, 2015).

Para 2018, (Guerrero Dumas y León Brabo, 2018) la necesidad de suplir la creciente demanda eléctrica del país, se inclinó hacia la búsqueda de fuentes de energía que prioricen lo expuesto en la Constitución 2008, enfocados en tecnologías renovables coherentes con la matriz energética, incluyendo la energía solar, siendo el cantón Zapotillo de la provincia de Loja el lugar más idóneo; sin embargo, los cálculos proyectaban la recuperación de inversión en un tiempo muy extenso (Cando y Yugsi, 2018); por otro lado, del análisis

ambiental, la implementación de SF presentó impactos moderados y compatibles (Guerrero Dumas y León Brabo, 2018), tomando en cuenta la eficiencia del equipo y baja contaminación ambiental (Cando y Yugsi, 2018). Asimismo, los estudios de implementación de energía SF para el transporte público de pasajeros en la ciudad de Quito (López, 2019), aconsejó su uso desde el punto de vista social, ambiental e incluso publicitario, por su ayuda para mejorar la imagen de la ciudad y su preocupación por el medio ambiente (Ante Umajinga y Mata Fonseca, 2019).

Actualmente, entre 2020-2021, las energías renovables como los sistemas fotovoltaicos, son consideradas como una de las tecnologías más prometedoras debido a que son energías limpias, inagotables, fáciles de implementar, no generan residuos contaminantes; con tiempo aproximado de retorno de la inversión superior a los 15 años (Romero Márquez y Solano Jiménez, 2020). Finalmente, de las curvas promedio del consumo eléctrico en las provincias de El Oro, Loja, Zamora Chinchipe, en el año 2017 y 2018 posterior al funcionamiento, la inversión tuvo previsto lograr compensar en su totalidad la inversión y posteriormente generar utilidad hasta el año 2025 (vida útil del sistema) (Ruilova Nagua y Solano Jiménez, 2021).

3.2 Resultados del metaanálisis

De los trabajos seleccionados para el estudio basado en metanálisis, a nivel nacional e internacional (Latinoamérica), fueron seleccionados un total de 24 trabajos de investigación, con la temática relacionada a “energía solar fotovoltaica”, “América Latina”, “rural”, “difícil acceso”, “desprovistos de servicio eléctrico” y/o similares; de los cuales 8 responden a “Tesis” (Romero Crespo y Flores Peralta, 2019) (Echeverría, 1999) (Angamarca y Guevara, 2020) (García Pesántez, 2020) (Figueroa y Molina, 2020) (Neira González y Velecela Zhindón, 2014) (Galarza et al., 2012) (Lema Escobar, 2021); y 16 a artículos científicos (Martínez y Poladian, 2020) (Vélez Quiroz, 2018) (Guzmán-Hernández et al., 2017) (Beltrán y Boscán, 2011) (Rodríguez Borges y Sarmiento Sera, 2011) (Reyes González, Odetti, y Reyes González, 2017) (Rodríguez Gámez M. , Vázquez Pérez, Vélez Quiroz, y Saltos Arauz, 2018) (Panjón, 2010) (Cabezas et al., 2018) (Rodrigues, Kniess, Caruggi De Faria, y Ramos, 2018) (Gallego Landera, Casas Fernández, García Sanchez, y Rivas Arocha, 2017) (Torres Flores, 2018) (Martins de Carvalho et al., 2019) (Wanderley y Campos, 2013) (Salgar y Rueda, 2009) (Alves de Farias et al., 2010); la producción oscila entre los años 1999 a 2021. El

idioma que predominó fue el español con un total de 20 trabajos de investigación y 4 en portugués. De la producción científica recolectada, se evidenciaron investigaciones en los países de: Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador México y Venezuela; para los fines de esta investigación, fueron clasificados los sectores en los cuales se realizaron estas investigaciones bajo los criterios de: Urbano, rural y urbano marginal. Los resultados obtenidos reflejan 10 trabajos realizados en el sector rural, 9 en el área urbana y, en baja cantidad un trabajo en el sector urbano marginal; además, es importante destacar que 4 de ellos no reflejan el sector donde se realizó. Ecuador refleja mayores experiencias de implementación del sistema fotovoltaico, seguido de Brasil con un total de 10 y 4 trabajos respectivamente, véase Tabla 2.

Tabla 2.
País y sector donde se realizó la investigación

País/Sector	Urbana	Rural	Urbano marginal	Se desconoce	Total
Argentina	1	0	0	0	1
Brasil	2	1	0	1	4
Colombia	0	1	0	1	2
Costa Rica	0	1	0	0	1
Cuba	1	1	0	0	2
Ecuador	4	5	0	1	10
México	1	1	1	0	3
Venezuela	0	0	0	1	1
Total	9	10	1	4	24

Los fines que persiguieron las investigaciones fueron diversos, sin embargo, destaca como principal, el dotar de servicio eléctrico con un total de 17 trabajos; seguido de abaratar costos de energía eléctrica y mejorar la calidad del servicio eléctrico, promoviendo el cuidado al medio ambiente con el uso de energías renovables con similar cantidad (3 trabajos cada uno), en baja cantidad se encontró como fin de implementación del sistema fotovoltaico el bombeo de agua e iluminación pública. Ecuador refleja las mayores experiencias de implementación del sistema fotovoltaico, seguido de Brasil con un total de 10 y 4 trabajos respectivamente, véase Tabla 3.

Tabla 3.
Fines de la implementación del sistema fotovoltaico de acuerdo al país

Fines / País	Argentina	Brasil	Colombia	Costa Rica	Cuba	Ecuador	México	Venezuela	Total
Abaratar costos de energía eléctrica	0	0	0	1	1	1	0	0	3
Bombeo de agua e iluminación pública	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Dotar de servicio eléctrico	1	3	1	0	1	7	3	1	17
Mejorar la calidad del servicio eléctrico, promover el cuidado al medio ambiente y el uso de energías renovables	0	1	1	0	0	1	0	0	3
Total	1	4	2	1	2	10	3	1	24

Los fines que persiguieron las investigaciones relacionadas a la implementación del sistema fotovoltaico en contraste con los sectores, reflejan que, si bien existen una notable diferencia en el fin, primando sobre todo el “dotar de servicio eléctrico”; sin embargo, respecto al sector donde se realizó la investigación, no existe mayor diferenciación entre el sector rural y urbano con un total de 10 y 9 trabajos respectivamente, véase Tabla 4.

Tabla 4.
Fines de la implementación del sistema fotovoltaico de acuerdo al sector

Fin / Sector	Rural	Se desconoce	Urbana	Urbano marginal	Total
Abaratar costos de energía eléctrica	1	0	2	0	3
Bombeo de agua e iluminación pública	1	0	0	0	1
Dotar de servicio eléctrico	7	4	5	1	17
Mejorar la calidad del servicio eléctrico y promover el cuidado al medio ambiente y el uso de energías renovables	1	0	2	0	3
Total	10	4	9	1	24

Dentro de los lugares/espacios específicos para lo cual ha sido implementado el sistema fotovoltaico en

América Latina, destacan las viviendas comunitarias rurales, viviendas unifamiliares urbanas y para las granjas, con un total de 7, 4 y 3 investigaciones respectivamente. Destaca que, si bien ha existido especial atención en dotar de servicios a viviendas urbanas, rurales y granjas, también refleja la implementación en otras actividades ajenas a temas relacionados a vivienda, como campamentos, empresa privada, operaciones militares, incluso para satélites espaciales. Ecuador refleja mayores experiencias de implementación del sistema fotovoltaico, seguido de Brasil con un total de 4 trabajos, véase Tabla 5.

Del análisis de los trabajos investigativos realizados se evidencia que la viabilidad ambiental de la implementación del sistema solar fotovoltaico es positiva, puesto que, 19 de los trabajos realizados refieren que los proyectos son ambientalmente viables, no se encontró información relacionada a factores negativos para el medio ambiente, sin embargo, es importante señalar que 5 trabajos no reflejaron ningún tipo de información respecto a la viabilidad ambiental. Véase Tabla 6.

Tabla 5.

Lugares/espacios específicos donde se implementó el sistema fotovoltaico

Lugar/ espacio específico/ País	Argentina	Brasil	Colombia	Costa Rica	Cuba	Ecuador	México	Venezuela	Total
Campamento alejado a la red pública	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Empresa privada	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Granjas	0	0	0	1	0	1	0	1	3
No específica	0	0	0	0	1	2	2	0	5
Operaciones militares	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Satélites espaciales	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Vivienda unifamiliar urbana	1	1	0	0	0	1	1	0	4
Viviendas comunitarias rurales	0	1	1	0	1	4	0	0	7
Viviendas residenciales urbanas	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Total	1	4	2	1	2	10	3	1	24

Tabla 6.

Viabilidad ambiental del sistema solar fotovoltaico de acuerdo al país

País / Viabilidad	Viable	No refleja información	Total
Argentina	1	0	1
Brasil	3	1	4
Colombia	1	1	2
Costa Rica	1	0	1
Cuba	1	1	2
Ecuador	10	0	10
México	2	1	3
Venezuela	0	1	1
Total	19	5	24

Respecto a la viabilidad financiera, los trabajos realizados reflejan que la implementación de sistemas solares fotovoltaicos no es financieramente viable con un total de 8 trabajos y, parcialmente viables con un total de 7 casos; se resalta que 4 de los trabajos realizados refieren una positiva viabilidad financiera en Ecuador, México y Brasil, véase Tabla 7.

Respecto al sector de implementación de sistemas solares fotovoltaicos los resultados no difieren de los emitidos en función del país, puesto que, de la misma manera un total de 8 trabajos no son viables financieramente y, 7 casos reflejaron resultados parcialmente viables; se resalta que 4 de los trabajos reflejaron resultados positivos. Respecto a los sectores de implementación, no existe mayor diferenciación de la viabilidad o parcial viabilidad de acuerdo a sectores urbanos, rurales y urbanos marginales, ya que, de los 10 trabajos analizados en el sector rural 3 reflejan inviabilidad y 3 parcial viabilidad; asimismo, del sector urbano 4 reflejan inviabilidad y 3 parcial viabilidad financiera, véase Tabla 7.

Tabla 7.

Viabilidad financiera del sistema solar fotovoltaico de acuerdo al país

País / Viabilidad	No refleja información	No viable	Parcialmente viable	Viable	Total
Argentina	0	1	0	0	1
Brasil	1	1	1	1	4
Colombia	1	0	1	0	2
Costa Rica	0	0	1	0	1
Cuba	1	1	0	0	2
Ecuador	1	4	3	2	10
México	1	1	0	1	3
Venezuela	0	0	1	0	1
Total	5	8	7	4	24

Únicamente 2 de los trabajos realizados en el sector rural, reflejan viabilidad financiera en la implementación de sistemas SF y 1 en el sector urbano, véase Tabla 8.

Tabla 8.

Viabilidad financiera del sistema solar fotovoltaico de acuerdo al sector

Sector / Viabilidad	No refleja información	No viable	Parcialmente viable	Viable	Total
Rural	2	3	3	2	10
Se desconoce	2	0	1	1	4
Urbana	1	4	3	1	9
Urbano marginal		1	0	0	1
Total	5	8	7	4	24

La investigación refleja total viabilidad ambiental tanto desde el sector público como privado; contrariamente, la financiera respecto al año no refleja variaciones en comparación con el país y sectores anteriormente analizados; tal es el caso que 8 trabajos reflejaron total inviabilidad financiera, 7 parcial viabilidad, y 4 arrojaron datos de viabilidad financiera; cabe señalar que 5 de los trabajos analizados no reflejaron información alguna respecto a este indicador; además, respecto al año no existe mayor diferenciación. Véase Tabla 9.

Tabla 9.

Viabilidad financiera del sistema solar fotovoltaico de acuerdo al año

Año/ viabilidad	No refleja información	No viable	Parcialmente viable	Viable	Total
1999	0	0	0	1	1
2009	1	0	0	0	1
2010	2	0	0	0	2
2011	0	1	1	0	2
2012	0	0	0	1	1
2013	0	0	0	1	1
2014	0	1	0	0	1
2017	1	1	1	0	3
2018	1	1	2	1	5
2019	0	1	1	0	2
2020	0	3	1	0	4
2021	0	0	1	0	1
Total	5	8	7	4	24

4. Discusión

En Latinoamérica las energías renovables se presentan como las tendencias futuristas para generar energía eléctrica sin perjuicio del medio ambiente; además, frente al probable agotamiento de materiales fósiles, actuales componentes de la canasta energética nacional e internacional se debe prever esta situación y encausar esfuerzos y acciones apegados a los objetivos de desarrollo sostenible y la agenda 2030, en el marco de tratados y pactos internacionales en el mundo entero, en la búsqueda de acciones inmediatas y concretas a fin de revertir la debacle ambiental que atraviesa la humanidad.

Los sistemas fotovoltaicos son una alternativa viable y sostenible en el tiempo para su implementación; sin embargo, las actuales condiciones del consumo de energía eléctrica limitan su implementación, resultando favorable en lugares alejados donde la energía eléctrica no llegue, indistinto a su viabilidad financiera.

De los trabajos analizados, la viabilidad ambiental en la implementación del sistema solar fotovoltaico radica fundamentalmente en que la:

- Utilización de energía renovable disminuye el consumo y dependencia de los combustibles fósiles.
- Mejora la calidad de vida de los habitantes.
- No produce ruido.
- Genera electricidad sin contaminar el medio ambiente.
- Genera ahorro energético y económico en el consumo de energía.
- Es una energía segura, sustentable y equitativa.
- Evita la emisión de CO₂ y se encuentra alineada totalmente a los objetivos de desarrollo sostenible y la agenda 2030.

Por otro lado, los resultados cuantitativos basados en metaanálisis sugieren que si bien los sistemas solares fotovoltaicos son ambientalmente viables; financieramente no lo son, puesto que para inversores privados e incluso para el estado supondría una inversión con retorno promedio de 10 años.

Su viabilidad desde una visión social-económica radicaría en el beneficio y responsabilidad estatal más no podría ser vista actualmente como inversión de retorno viable; uno de los principales problemas radica en la falta de incentivos y políticas públicas que promuevan tanto la utilización de los sistemas como los incentivos para inversionistas.

La implementación de estos sistemas en sectores rurales sin acceso al servicio eléctrico en Ecuador, con énfasis en la región del oriente es ambientalmente viable, pero financieramente no, puesto que las experiencias de países de América Latina incluido Ecuador no permitirían un retorno de inversión adecuada.

Por tal razón, es importante considerar la forma de evaluar estos sistemas y su implementación, ya que la inversión a largo plazo en función de la vida útil si permitiría una rentabilidad adecuada, la cual podría ser sostenida por el estado, además, contar con un adecuado uso, manejo y mantenimiento del sistema podría mejorar la calidad de vida de los habitantes, especialmente de las zonas alejadas de difícil acceso y de bajos recursos económicos; su costo sería elevado, pero una vez implementado el recurso solar es inagotable, por tanto, la inversión es rentable en el tiempo.

Los resultados en las zonas urbanas reflejan que la utilización de sistemas fotovoltaicos son viables en familias con altos consumos de energía eléctrica, es decir, que los potenciales clientes serían familias de mayores ingresos económicos; asimismo, es indispensable la generación de políticas que fomenten la utilización de energías renovables y la creación de incentivos para su implementación, especialmente para el sector empresarial, ya que la recuperación privada en el tiempo se lograría en 10 años de funcionamiento aproximadamente.

Por último, los estudios de rentabilidad financiera en su mayoría utilizaron los estadísticos VAN y TIR, mismos que arrojaron resultados de “viabilidad en el tiempo”, sin embargo, ante los inversores la posibilidad de retorno futuro de su inversión no es un incentivo suficiente, requiere acciones gubernamentales, como subsidios, exenciones de impuestos, entre otros, sobre todo cuando el precio de la energía eléctrica es económicamente más conveniente.

5. Conclusiones

Al finalizar la investigación se evidencia que, la implementación de energía solar fotovoltaica en los sectores de difícil acceso y/o desprovistos de servicio eléctrico, desde las experiencias en América Latina, a manera prospectiva hacia Ecuador, especialmente en región oriente, no es viable, incluso en los urbanos puesto que sus costos son muy elevados, la recuperación a largo plazo tienen un promedio de 10 años y la vida útil promedio oscila entre los 10 a 25 años, particular que representaría un riesgo elevado para posibles inversionistas.

Por otro lado, las condiciones necesarias para la implementación de sistemas de energía solar fotovoltaica en sectores de difícil acceso y/o desprovistos de servicio eléctrico del Ecuador, con énfasis en la región oriental, presentan características geofísicas idóneas para su implantación; a la vez que, respondería a la necesidad histórica difícilmente suplida con sistemas tradicionales; sin embargo, su implementación requieren de políticas públicas que viabilicen el cambio de matriz energética, mediante incentivos estatales para la empresa privada, el consumidor final, y desde luego es imperativo que el estado asuma la responsabilidad de brindar servicios a las comunidades alejadas, cuanto más al ser grupos históricamente excluidos.

Finalmente, la implementación de sistemas de energía solar fotovoltaica desde una evaluación de impacto ambiental es totalmente viable, potencializaría el cambio de matriz energética, reduce los niveles de contaminación y conduciría al Ecuador a una verdadera alineación a los objetivos de desarrollo sostenible y agenda 2030.

6. Contribuciones

Las contribuciones realizadas por los y la autora, han sido en similar proporción y durante todo el trascurso del desarrollo de esta investigación, entiéndase como tales, a) Diseño del proyecto de investigación. b) Ejecución de la propuesta investigativa (en todas sus fases). c) presentación de resultados. d) Búsqueda, y gestión para la difusión de resultados en revista de alto impacto. La combinación del perfil profesional de los y la autora, permitió abordar el tema de investigación desde perspectivas diferentes enriqueciendo tanto los resultados desde el área técnica como social.

Referencias

- [1] Agencia de Regulación y Control de Electricidad - ARCONEL. (2018)
- [2] Alves de Farias, L., Nogueira Pereira Júnior, V., Palhano da Costa, B., de Macedo, I. P., Amorim Farias, A. V., & Pereira de Siqueira Campos, A. L. (2010). INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA SOLAR FOTOVOLTÁICA. HOLOS, 3(), 82-90. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481549221008>

- [3] Angamarca Ipiates, J. G., & Guevara Pajuña, R. D. (2020). Diseño de microgeneración fotovoltaica conectada a la red para el suministro eléctrico de los centros operativos y agencias de la eeq ubicados al noroccidente y sur de la ciudad de Quito. *Escuela Politécnica Nacional*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20865?locale=de>
- [4] Ante Umajinga, O. E., & Mata Fonseca, L. I. (2019). Sistema de generación fotovoltaico para el laboratorio e invernadero de Granos Andinos en el Campus Salache. *Universidad Técnica de Cotopaxi*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8375>
- [5] Aqueveque Medina, E. J. (2009). Bombeo de Agua para Riego en Cerro Calán Utilizando Energía Solar Fotovoltaica. *Repositorio de la Universidad de Chile*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103407>
- [6] Ardila Espinosa, A., Sanabria Vargas, J., & Hernández Mora, J. (2015). Metodología de dimensionamiento de un sistema de respaldo energético basado en tecnología fotovoltaica. *Tecnura*, 19, 66-71. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257059819008>
- [7] Arenas Aquino, Á. R., Matsumoto Kuwabara, Y., & Kleiche-Dray, M. (2017). Energía Solar y Marginación. Análisis de la Percepción Social sobre Nuevas Tecnologías para la Articulación de una Transición Energética en el Municipio de Nezahualcóyotl, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(3), 449-461. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.03.08/46701>
- [8] Arráiz, I., & Calero, C. (2014). From Candles to Light: The Impact of Rural Electrification. *Inter-American Development Bank*. <https://publications.iadb.org/publications/english/document/From-Candles-to-Light-The-Impact-of-Rural-Electrification.pdf>
- [9] Arreola Gómez, R., Quevedo Nolasco, A., Castro Popoca, M., Bravo Vinaja, Á., & Reyes Muñoz, D. (2015). Diseño, construcción y evaluación de un sistema de seguimiento solar para un panel fotovoltaico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(8), 1715-1727. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263142750002>
- [10] Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador de 2007-2008. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi: LEXIS.
- [11] Banal-Estañol, A., Calzada, J., & Jordana, J. (2017). How to achieve full electrification: Lessons from Latin America. *Energy Policy*, 108, 55-69. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.05.036>
- [12] Beltrán, M. E., & Boscán, N. (2011). Identificación de necesidades para la adquisición de tecnología para la producción de energía eléctrica mediante el uso de sistemas fotovoltaicos en Venezuela. *Télématique*, 10(2), 89-106. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=78421854006>
- [13] Beltrán, M. E., & Boscán, N. (2011). Identificación de necesidades para la adquisición de tecnología para la producción de energía eléctrica mediante el uso de sistemas fotovoltaicos en Venezuela. *Télématique*, 10(2), 89-106. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=441949672008>
- [14] Botella, J. & Zamora, Á. (2017). El meta-análisis: una metodología para la investigación en educación. *EDUCACIÓN XXI*, 20(2), 17-38. <https://doi.org/10.5944/educxx1.19030>
- [15] Cabezas-Maslanczuk, M.D., Franco-Brazês, J.I., Fasoli-Tolosa, H.J., (2018). Diseño y evaluación de un panel solar fotovoltaico y térmico para poblaciones dispersas en regiones de gran amplitud térmica. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 19 (02), 209-221. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2018.19n2.018>
- [16] Cando Iza, F. F., & Yugsi Lanchimba, J. F. (2018). Determinación del potencial fotovoltaico en la ciudad de Latacunga sector San Martín barrio San José para el diseño de un sistema de generación fotovoltaico. *Universidad Técnica de Cotopaxi*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4560>
- [17] Cantillo-Guerrero, E. F., & Conde-Danies, F. (2011). Diagnóstico técnico y comercial del sector solar fotovoltaico en la región Caribe colombiana. *PROSPECTIVA*, 9(2), 81-88. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496250980012>
- [18] Cantillo Guerrero, E., & Daza Escorcía, J. (2012). El sector solar fotovoltaico en el caribe colombiano: análisis técnico y de mercado. *Scientia Et Technica*, XVII (51), 87-92. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84923910013>

- [19] Cortés, C. L., Gómez, G. S., Betancur, F., Carvajal, S. X., & Guerrero, N. (2020). Análisis experimental del desempeño de un sistema solar fotovoltaico con inversor centralizado y con microinversores: caso de estudio Manizales. *TecnoLógicas*, 23 (47), 1-21. <https://doi.org/10.22430/22565337.1403>
- [20] Guamán, J.f., Oviedo, C.f. (2015). Diseño y construcción de un sistema de generación de energía fotovoltaica con respaldo de alimentación y control automático de carga. *Escuela Politécnica Nacional*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11429>
- [21] Echeverría, M. E. (1999). Utilización de los sistemas fotovoltaicos en campamentos alejados de la red pública. *Escuela Politécnica Nacional*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11497>
- [22] Escobar Mejía, A., Torres, C. A., & Hincapie Isaza, R. A. (2010). CONEXIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO A LA RED ELÉCTRICA. *Scientia Et Technica*, XVI (44), 31-36. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917316006>
- [23] Figueroa, D. A., & Molina, J. F. (2020). Diseño de un sistema de generación eléctrica a partir de fuentes renovables de energía fotovoltaica para la empresa “Quevexport s. a.” en el cantón Quevedo. *Repositorio de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/034b2eab-721e-4bf3-a5bb-d7e0ad722cf5>
- [24] Galarza Valarezo, G., Gordillo Vera, C., & Rivera Cáceres, C. (2012). Implementación de energía solar y estudio de la energía eólica en Puerto Roma. *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2106>
- [25] Gallego Landera, Y. A., Arias García, R., Casas Fernández, L., & Sosa Plasencia, R. (2018). Análisis de la implementación de un parque fotovoltaico en la Universidad Central de las Villas. *Ingeniería Energética*, 39 (2), 82-90. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329158801004>
- [26] Gallego Landera, Y., Casas Fernández, L., García Sánchez, Z., & Rivas Arocha, Y. (2017). Impacto de la implementación de paneles fotovoltaicos en el sistema eléctrico Cayo Santa María. *Ingeniería Energética*, XXXVIII(2), 76-87. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329151462001>
- [27] García Pesántez, L. E. (2020). Estudio de prefactibilidad para la aplicación de un sistema fotovoltaico para el edificio administrativo de la Central Termoeléctrica El Descanso, de acuerdo con la Regulación Nro. ARCONEL- 003/18. *Repositorio Institucional de la Universidad de Cuenca*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/34519>
- [28] Giraudy Arafet, C. M., Massipe Cano, I., Rodríguez Rivera, R., Rodríguez Gámez, M., & Vázquez Pérez, A. (2014). Factibilidad de instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a red. *Ingeniería Energética*, XXXV(2), 141-148. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329130985007>
- [29] Guerrero Dumas, C. F., & León Brabo, D. P. (2018). Estudio preliminar del potencial solar y de implementación de una central solar térmica concentrada en Ecuador. *Repositorio Institucional de la Universidad de Cuenca*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30314>
- [30] Guzmán-Hernández, T. d., Araya-Rodríguez, F., Obando-Ulloa, J. M., Rivero-Marcos, M., & Castro-Badilla, G. (2017). Evaluación de sistemas térmicos y fotovoltaicos solares en unidades de producción agropecuaria, Región Huetar Norte, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3), 535-548. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/ma.v28i3.26442>
- [31] Hernández Mora, J. A., Cortés Borray, A. F., Balaguera Cañola, D. A., & Uruña Saavedra, M. A. (2014). Aplicación de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red: estado del arte. *Tecnura*, 18, 157-172. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257059812013>
- [32] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M.P. (2003). Metodología de investigación. *McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.* <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>
- [33] Herrera González, L. A., & Solórzano Neira, G. A. (2017). Planteamiento de una alternativa energética renovable para el sistema de bombeo de agua en las camaroneras del Ecuador enfocado en el consumo de diésel y su impacto ambiental. *Repositorio Institucional de la Escuela Politécnica Nacional*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17480>

- [34] Herrera, L., Miranda, A., Arango-Zuluaga, E. I., Ramos-Paja, C. A., & González-Montoya, D. (2013). Dimensionamiento de Sistemas de Generación Fotovoltaicos Localizados en la Ciudad de Medellín. *TecnoLógicas*, Edición Especial, octubre de 2013, 289-301. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=344234341022>
- [35] Icaza, D., Cabrera, J.B., & Arias, P. (2018). Solar Energy Supply for the Rural Parish GAD's of Ecuador. *Conference: IEEE ANDESCON*, 1-6. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8564659>
- [36] Juanicó, L., & Rinalde, F. (2010). ANÁLISIS COMPARATIVO DE PANELES TERMOELÉCTRICOS Y FOTOVOLTAICOS PARA ELECTRIFICACIÓN DE HOGARES AISLADOS. *Interciencia*, 35(2), 140-143. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913150011>
- [37] Kotra, S., & Mishra, M. K. (2015). Energy management of hybrid microgrid with hybrid energy storage system. *International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)*, 856-860. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7418532>
- [38] Lema Escobar, A. F. (2021). Diseño de una central fotovoltaica para abastecer la demanda de energía eléctrica a la granja avícola "Villa" ubicada en la Latacunga parroquia Juan Montalvo barrio San José. *Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Cotopaxi*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7997>
- [39] López Velasco, W.G. (2019). Diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica para la Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito. *Repositorio Digital de la Universidad Politécnica Nacional*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20127?mode=full>
- [40] Lorio, P., & Sanin, M. E. (2019). Acceso y asequibilidad a la energía eléctrica en América Latina y El Caribe División de Energía. *Banco Interamericano de Desarrollo*. <http://dx.doi.org/10.18235/0002095>
- [41] Martins de Carvalho, M., Magalhães, A. S., & Domingues, E. P. (2019). Impactos econômicos da ampliação do uso de energia solar residencial em Minas Gerais. *Nova Economia*, 29 (2), 459-485. <https://doi.org/10.1590/0103-6351/4719>
- [42] Martínez, C., & Poladian, A. (2020). El uso de energía fotovoltaica en viviendas de Buenos Aires: Estudio microeconómico de factibilidad. *Economía coyuntural, Revista de temas de coyuntura y perspectivas*, 5(2), 33-58. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2415-06222020000200004&script=sci_abstract
- [43] Medina de Procel, M. (1994). Estudio de sistema fotovoltaicos como fuente renovable de energía. *Repositorio Digital Escuela Politécnica Nacional*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11456>
- [44] Mendieta, D. & Escribano, J. (2015). Electricidad, desarrollo rural y buen vivir. (2015). *III Simposio Internacional Historia de la electrificación. Estrategias y cambios en el territorio y la sociedad*. <https://www.ub.edu/geocrit/iimexico/mendietaescribano.pdf>
- [45] Mesa, J. D., Escobar Mejia, A., & Hincapie Isaza, R. A. (2009). DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL EFECTO FOTOVOLTAICO EN LA REGIÓN. *Scientia Et Technica*, XV (42), 327-332. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84916714061>
- [46] Neira González, R. H., & Velecela Zhindón, M. V. (2014). Estudio de factibilidad de generación eléctrica mediante energía eólica y energía solar fotovoltaica para el sector de Garauzhí de la parroquia Quingeo perteneciente a la ciudad de Cuenca. *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6756>
- [47] Ottavianelli, E., & Cadena, C. (2016). ACCIONES PARA EL ACCESO A LA ENERGÍA DE POBLADORES RURALES CON LA INCLUSIÓN DE SISTEMAS SOLARES FV DE 3° GENERACIÓN Y OTROS EQUIPOS. XXXIX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente (ASADES), 4, 12.61 – 12.69. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/67000/Documento_completo.pdfPDFa.pdf?sequence=1
- [48] Oyola, J. S., & Gordillo G, G. (2007). Estado del arte de los materiales fotovoltaicos y de la tecnología solar fotovoltaica. *PROSPECTIVA*, 5(2), 11-15. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496251110003>

- [49] Panjón, L. A. (2010). Implementación de Sistemas Fotovoltaicos en Zonas Rurales del Cantón Morona Santiago. *Revista Técnica "energía&Quot*, 6(1), 90–94. <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/233>
- [50] Pasqualino, J., Cabrera, C., & Vanegas Chamorro, M. (2015). Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano. *PROSPECTIVA*, 13(1), 68-75. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496250641008>
- [51] Pilatasig Montaluisa, A. D. (2015). Evaluacion de la calidad de energia electrica en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de bajo voltaje. *Universidad Politécnica Salesiana*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8161>
- [52] Ponce-Jara, M., Castro, M., Pelaez-Samaniego, M., Espinoza-Abad, J., & Ruiz, E. (2018). Electricity sector in Ecuador: An overview of the 2007–2017 decade. *Energy Policy*, 113, 513-522. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.036>
- [53] Posso, F., González, J., Guerra, F., & Gómez, H. (2014). Estimación del potencial de energía solar en Venezuela utilizando sistemas de información geográfica. *Revista Geográfica Venezolana*, 55(1), 27-43. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=347732465007>
- [54] Reyes-González, A., Odetti, J., & Reyes-González, A. E. (2017). ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA URBANA Y EDUCATIVA EN ZONAS MARGINADAS DE LA CIUDAD TURÍSTICA DE PLAYA, CON LA IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA; ESTUDIO DE CASO PUERTO VALLARTA, MÉXICO . *Ra Ximhai*, 13(3), 179-198. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46154070011>
- [55] Rivera-Martínez, M. A., Hernández-Galvez, G., Sarracino-Martínez, O., Ixtilco-Cortés, L., Juantorena-Ugás, A., Batalla-Nolasco, U. I., & Becerra-García, D. (2017). Análisis de sensibilidad de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica: Caso de estudio en Guerrero, México. *Ingeniería. Investigación y Tecnología*, XVIII(3), 293-305. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40453142006>
- [56] Rodrigues, F. N., Kniess, C. T., Caruggi-De-Faria, L., & Ramos, H. R. (2018). Avaliação da viabilidade de investimento para instalação de um sistema fotovoltaico em residência unifamiliar na cidade de São Paulo – SP. *Journal of Urban Technology and Sustainability*, 1(1), 28-38. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=648167355004>
- [57] Rodríguez Borges, C. G., & Sarmiento Sera, A. (2011). Dimensionado mediante simulación de sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a la electrificación rural. *Ingeniería Mecánica*, 14(1), 13-21. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225117949002>
- [58] Rodríguez Gámez, M., Vázquez Pérez, A., Castro Fernández, M., & Vilaragut Llanes, M. (2013). Sistemas fotovoltaicos y la ordenación territorial. *Ingeniería Energética*, XXXIV(3), 247-259. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329128758008>
- [59] Rodríguez-Gámez, M., Vázquez-Pérez, A., Vélez-Quiroz, A.M., & Saltos-Arauz, W.M. (2018). Mejora de la calidad de la energía con sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales. *Revista Científica*, 33(3), 265-274. <https://doi.org/10.14483/23448350.13104>
- [60] Rodríguez Murcia, H., (2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Revista de Ingeniería*, (28), 83-89. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121015051011>
- [61] Rojas Hernández, I., & Lizana Moreno, F. (2018). Tiempo de recuperación de la energía para sistemas fotovoltaicos basados en silicio cristalino en Costa Rica. *Ingeniería Energética*, XXXIX(3), 195-202. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329158816007>
- [62] Romero Crespo, J. F., & Flores Peralta, J.I. (2019). Estudio e implementación de un sistema de micro generación solar fotovoltaico para autoconsumo (caso de estudio considerando la regulación Nro. ARCONEL- 003/18). *Repositorio Institucional de la Universidad de Cuenca*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/33564>
- [63] Romero Márquez, C. J. (2020). Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica en el Ecuador en baja tensión. *Repositorio Digital de la Universidad Nacional de Loja*. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/23610v>

- [64] Ruilova Nagua, H. F., & Solano Jiménez, J.C. (2021). Optimización energética y económica de un sistema fotovoltaico en la vivienda sustentable de la Facultad de Energía en la Universidad Nacional de Loja. *Repositorio Digital de la Universidad Nacional de Loja*. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/24261>
- [65] Salgar Pineda, J. A., & Rueda Castillo, J. A. (2009). GENERADOR DE ENERGIA SOLAR PARA SUPLIR LAS NECESIDADES DE PEQUENAS UNIDADES. *Revista Científica General José María Córdova*, 5(7), 106. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476248849015>
- [66] Secretaría Nacional de Planificación. (2021). Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 de Ecuador. *Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo de América Latina y el Caribe*. <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-de-creacion-de-oportunidades-2021-2025-de-ecuador>
- [67] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - Senplades. (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida. *Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo de América LatinayelCaribe*. <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-nacional-de-desarrollo-2017-2021-toda-una-vida-de-ecuador>
- [68] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo – Senplades. (2013). Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017 de Ecuador. *Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo de América Latina y el Caribe*. <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-nacional-del-buen-vivir-2013-2017-de-ecuador>
- [69] Serrano-Guzmán, M. F., Pérez-Ruiz, D. D., Galvis-Martínez, J. F., Rodríguez Sierra, M. L., & Correa Torres, S. N. (2017). Análisis prospectivo del uso de energía solar: Caso Colombia. *Investigación y Ciencia*, 25(71), 85-93. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67452917011>
- [70] Ten Palomares, M., & Boni Aristizabal, A. (2016). Visiones de la electrificación rural en la Amazonía Ecuatoriana: disputando lógicas hegemónicas. *Letras Verdes - Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 20, 4-21. <https://revistas.flacsoandes.edu.ec/letrasverdes/article/view/2181>
- [71] Torres Flores, R. C. (2018). Energía solar en hogares y negocios pequeños: una propuesta. *Economía unam*, 15(44), 151-154. <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=363557983011>
- [72] Vélez Medina, F. J., & Solano Jiménez, J.C. (2020). Metodología para la obtención del potencial solar en la región sur del Ecuador. *Repositorio Digital de la Universidad Nacional de Loja*. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/23556>
- [73] Vélez Quiroz, A. M. (2018). Estudio de la Eficiencia de los sistemas fotovoltaicos y su impacto socio económico en la zona rural del Cantón Chone, Manabí, Ecuador. *Revista Riemat*, 3(1), 23-29. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/1420/1500>
- [74] Wanderley, A. C., & Campos, A. L. (2013). PERSPECTIVAS DE INSERÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO RIO GRANDE DO NORTE. *HOLOS*, 3(), 3-14. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481548605002>