

<https://doi.org/10.47460/athenea.v3i10.47>

Impactos tecnológicos en el aprovechamiento y uso de la Energía Solar

Balladares Paul
<https://orcid.org/0000-0003-0855-270X>
ppaulball@gmail.com
Ejercito Ecuatoriano
Primera División de Ejercito SHYRIS.
Quito-Ecuador

Torres Leslie
<https://orcid.org/0000-0002-5093-9521>
leslie.torres.zarria@udla.edu.ec
Universidad de las Américas
Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
Ingeniería Industrial
Quito-Ecuador

Castro Vanessa
<http://orcid.org/0000-0001-8571-6726>
vmcastrog@uce.edu.ec
Universidad Central del Ecuador
Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
Ingeniería en Diseño Industrial
Quito-Ecuador

Recibido (27/08/2022), Aceptado (05/09/2022)

Resumen:

Este trabajo presenta una revisión bibliográfica de factores y aspectos que afectan al ambiente, sus recursos y biodiversidad debido a la presencia, cercanía, y operación de estaciones o plantas generadoras de energías renovables y/o limpias. Estos tipos de fuentes de energía, si bien contribuyen a reducir el impacto ambiental, para su implantación y funcionamiento requieren de espacio físico, uso de sustancias químicas, liberación de gases de varios procesos generando impactos en la fauna, flora a más de generar residuos contaminantes si los procesos no son completamente controlados. Se realizó una revisión sistemática considerando bases de artículos científicos de revistas relacionadas con estudios ambientales y con una búsqueda e identificación de los impactos negativos en la producción de energías renovables y limpias. El impacto negativo que genera la producción de energías y no convencionales comprende un número considerable de factores negativos cuyos efectos se incrementan de manera proporcional con la demanda energética creciente y proporcionando afectaciones no muy estudiadas con respecto a la contaminación de la naturaleza, alteraciones en la biodiversidad y la huella ambiental.

Palabras clave: impacto negativo, energías limpias, generación de energía, energías renovables.

Technological impacts on the exploitation and use of Solar Energy

Abstract:

This document provides a bibliographic review of factors and aspects affecting the environment, its resources and biodiversity through the presence, proximity and operation of power plants or renewable and/or clean energy facilities. Although these types of energy sources contribute to a reduction in environmental impact, their implementation and operation require physical land, use chemical substances, release gases from various processes that impact fauna and flora, and generate environmentally harmful waste if the processes are not fully controlled. A systematic study was carried out, taking into account the basics of scientific articles from journals related to environmental studies, looking for and identifying the negative impacts of renewable and clean energy production. The negative impacts caused by the production of energy and non-conventional energy include a considerable number of negative factors, whose effects increase proportionally.

keywords: negative impact, clean energy, power generation, renewable energies

I. INTRODUCCIÓN.

El incremento de la densidad poblacional ha promovido la necesidad del incremento en la capacidad de producción de energía eléctrica para satisfacer las demandas energéticas. En la actualidad la generación de energía se ha robustecido en los sistemas energéticos de países y ciudades, con el aumento en la implementación de estaciones generadoras de energías no renovables y limpias, se avizora un futuro en el que estas nuevas alternativas se utilizarán en sistemas inteligentes promoviendo inclusive una economía en la que el usuario final podrá vender la energía que no consuma [1] pudiendo negociar con ella. Las fuentes de energía no renovables se caracterizan por ser fuentes finitas o agotables en función del tiempo y la demanda, lo que supone y justifica el esfuerzo de las naciones para el desarrollo tecnológico en la producción y aprovechamiento de nuevas posibilidades que consideren su uso y que permitan satisfacer las demandas de los habitantes sin afectar al medioambiente [2] (Fig.1).

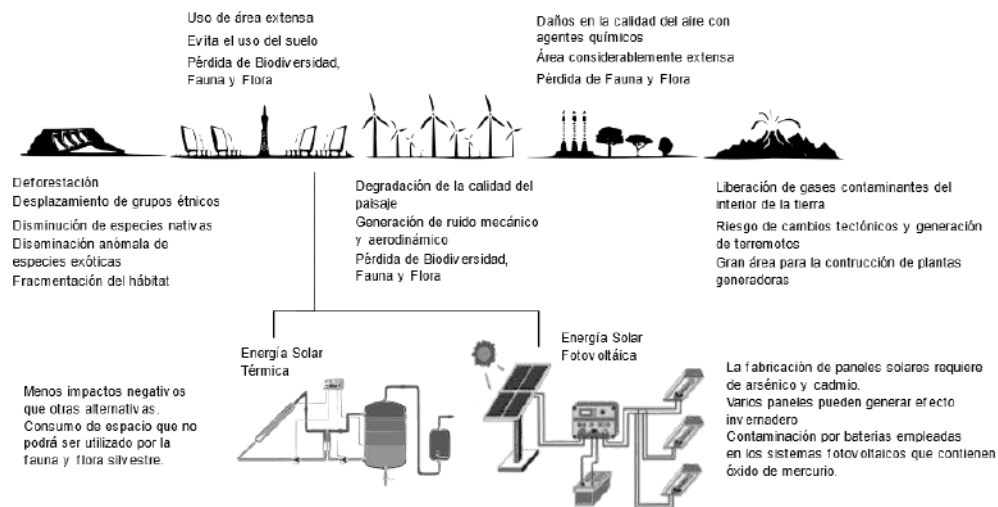


Fig. 1. Impactos negativos de la energía solar y otras de las energías renovables de mayor uso.

Las diferentes fuentes de energía renovables o alternativas permiten generar electricidad sin tener que depender de combustibles fósiles, carbón, gas natural o energía nuclear. La electricidad se genera utilizando fuentes de energía renovables y limpias como la geotérmica, solar, hidráulica, eólica y de biomasa. Se sabe que este tipo de energías dañan el medio ambiente, así como la salud de la fauna y habitantes. Estos daños pueden ocurrir tanto a corto como a largo plazo, primero afectando negativamente los ciclos de vida, solo para volverse más dañinos con el tiempo [3]. Las fuentes renovables pueden afectar a la biodiversidad y el ecosistema circundante. Esto se debe a que pueden disminuir las áreas naturales disponibles, lo que a su vez resultará en un cambio de condiciones afectando la biodiversidad, producción de gases, efecto invernadero. Se considera nocivo el uso de productos químicos que son tóxicos y son usados en la fabricación de paneles solares fotovoltaicos.

El desarrollo económico y las actividades diarias de la población dependen del uso de la energía. La energía es necesaria para el desarrollo de las actividades domésticas y productivas diarias [4].

El uso de la energía renovable ha aumentado en los últimos años debido a los altos precios de la energía, la preocupación por el medio ambiente y la disponibilidad de tecnologías más avanzadas. Se espera que el uso de la energía renovable continúe aumentando en el futuro.

Este documento describe las posibles influencias negativas y efectos secundarios que las fuentes de energía limpias y renovables pueden tener en el medio ambiente. En la sección Desarrollo se abordan los efectos adversos e impactos negativos que están relacionados con estas nuevas tecnologías de generación de energía. En la metodología se describe como se obtuvo y analizó la información, posterior a ello la discusión y finalmente las conclusiones.

II. DESARROLLO

El sol es el recurso natural más importante para nuestro planeta debido a energía abundante que provee a diario. La energía solar se puede utilizar, entre otras cosas, para proporcionar soluciones térmicas como cocinar, calentar agua y cultivos [5]. hasta aplicaciones de generación de energía eléctrica mediante el uso de plantas solares térmicas o que aprovechan el efecto fotovoltaico. Una parte de la energía solar también se aprovecha en el ámbito agropecuario para llevar a cabo la producción primaria. El sol emite energía a razón de $3,86 \times 10^{26}$ Watts de los cuales aproximadamente $1,74 \times 10^{17}$ Watts son interceptados por la Tierra.

La energía solar proporciona importantes ventajas ambientales en comparación con las fuentes de energía convencionales como los combustibles fósiles que aumentan directamente la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmósfera, contribuyendo así al desarrollo sostenible de las actividades humanas . El Sol regula las condiciones climáticas del mundo y muchos otros procesos físicos en la Tierra (ya sea directa o indirectamente). Los estudios han demostrado que la generación de electricidad a partir de la luz solar directamente a través de fotovoltaica e indirectamente a través de la concentración de energía solar mediante procesos solares térmicos, durante la última década ha ido creciendo exponencialmente a nivel mundial. La energía del Sol se considera limpia e inagotable ya que es relativamente infinita [6]. Las tecnologías de energía solar reducen la emisión de gases de efecto invernadero, prevención de la emisión de gases tóxicos, reducción de la línea de transmisión requerida de las redes eléctricas.

La mayor generación de energía solar se puede explotar de muchas maneras, las más comunes son:

1. Centrales Solares Térmicas (Para electricidad y calor)
2. Sistemas solares térmicos (Para energía térmica)
3. Sistemas fotovoltaicos (Para la generación de electricidad)

La energía solar se define ampliamente en dos categorías, células fotovoltaicas (PV) y energía solar concentrada (CSP) . Las células fotovoltaicas funcionan convirtiendo la radiación solar en corriente eléctrica, mientras que la tecnología CSP emplea propiedades reflectantes para concentrar la luz solar en un haz que se redirigiría para calentar un fluido (por ejemplo, aceite o agua) en un receptor [7]. La energía solar, como todos los demás procesos, tiene una serie de efectos negativos y dañinos para el medio ambiente. Pueden tener un efecto adverso sobre las personas en el área y otros organismos vivos en el medio ambiente. Una de las muchas desventajas es que requieren una energía significativa para producir y pueden ocupar espacio que podría ser necesario para otros fines y se ocupa para el montaje de paneles solares. La figura 2, presenta esquemas de las categorías de captadores de energía solar CSP y PV. En todos los casos su implementación requiere de áreas considerables de acuerdo con la demanda a satisfacer, capacidad generada y velocidad de consumo de los usuarios [5].

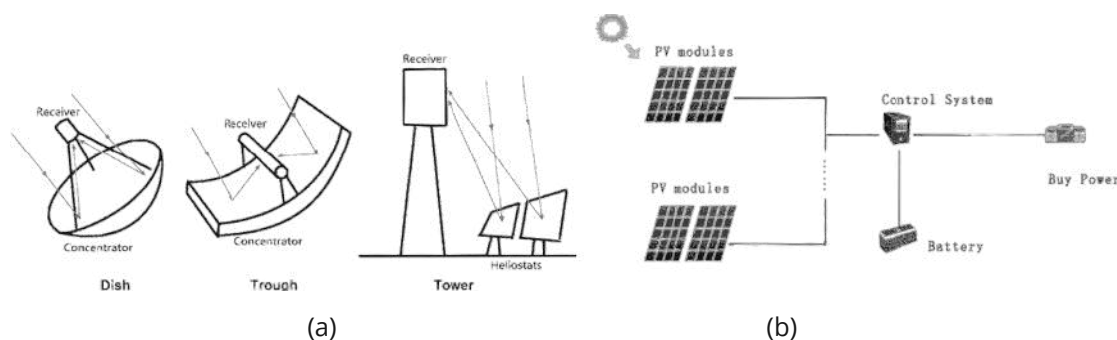


Fig. 2. Sistema de aprovechamiento de energía solar térmica (a) y fotovoltaica (b)

El sistema de energía solar térmica es un dispositivo que utiliza la radiación proveniente del sol para la generación de electricidad a través de la conversión solar térmica. La radiación solar recolectada se convierte en electricidad mediante el uso de un equipo (es decir, un generador termoeléctrico-TEG, también llamado generador Seebeck, que es un dispositivo en forma sólida que cambia la temperatura diferencial en electricidad a través de un efecto termoeléctrico. Históricamente, existen varios tipos de colectores Seebeck, incluidos los colectores parabólicos compuestos, de tubo de vacío, de placa plana, de disco parabólico, cilindro parabólico y de campo de heliostatos [8]. Se requieren muchos equipos e instalaciones para este proceso. Además, las centrales termo solares utilizan agua, que cuando se calienta produce vapor que hace girar una turbina para producir electricidad. Hay numerosas formas de hacerlo. Algunos utilizan espejos curvos que siguen el movimiento del Sol y concentran la radiación solar hacia tuberías que están llenas de agua u otras formas de líquidos. Otros diseños utilizan espejos giratorios planos que son largos por naturaleza. Estos espejos giratorios son menos costosos.

La capacidad de la generación de energía solar térmica para absorber todas las longitudes de onda en el espectro electromagnético es uno de los principales significados. Esto da como resultado una eficiencia superior al 90% en la reflexión de la energía solar. Sin embargo, la eficiencia de dicha generación con respecto a la producción de electricidad está entre el 30-40%. Algunos utilizan espejos curvos que siguen el movimiento del Sol y concentran la radiación solar hacia tuberías que están llenas de agua u otras formas de líquidos [9]. En los sistemas solares térmicos, se aprovecha la radiación solar, la radiación se utiliza directamente para calentar (cocinar) o para preparar agua caliente. El proceso es respetuoso con el medio ambiente, ya que la energía del sol se puede utilizar directamente para cocinar y secar los cultivos, lo que resultó ser eficaz. El proceso requiere menos instalaciones y puede ser una opción prometedora capaz de ser una de las energías líderes para cocinar.

A. Efectos adversos de la energía solar

La energía solar se considera la forma más segura de energía renovable y la mejor energía para el futuro. La fuente de energía solar es el sol, que es la principal fuente de energía del universo. Existen múltiples problemas con la producción y el uso de la energía solar. Estos efectos pueden ocurrir a lo largo de la vida útil de las plantas de energía solar en magnitudes variables. Los impactos pueden ser directos, indirectos o relacionados con la eficiencia presupuestaria y energética, el impacto en la pérdida de biodiversidad, el uso y consumo del agua, polvos y suelos, la calidad del aire y la salud humana, los canales de transporte, el uso y cambios de la tierra [10]. La figura 3 presenta una descripción de los Impactos negativos, ventajas y desventajas que se ha considerado en múltiples fuentes empleadas en este documento.



Fig. 3. Impactos negativos, ventajas y desventajas en el uso de la energía Solar

La fabricación de módulos fotovoltaicos requiere de una gran cantidad de energía. Los estudios muestran que las plantas de energía que fabrican módulos fotovoltaicos usan grandes cantidades de energía y requieren grandes cantidades de energía para instalarse. Este es uno de los efectos negativos de los sistemas solares. Las celdas de silicio cristalino (Si), están formadas por una pieza finamente laminada (wafer), un cristal de silicio (monocristalino) o un bloque entero de cristales de silicio (multicristalino), su eficiencia oscila entre el 12% y el 19% y una alta cantidad de energía se requiere para construir las células fotovoltaicas. Este material es abundante en el medio ambiente [11]. Según los informes, la vida útil esperada de las células solares es de 15 a 30 años, y la eficiencia disminuye año tras año. En promedio, la cantidad de luz solar, incluida la energía solar o el espectro electromagnético total, alcanza un máximo de alrededor de 1 KW/m², tanto temprano en la mañana como tarde en la noche (en la mayoría de los casos, el sol está en su punto máximo). Tras un examen cuidadoso, aproximadamente el 90 % de la energía solar se encuentra en el pico del sol, con un promedio entre las 8 am y las 4 p. m, variando según la localidad, la distancia desde el ecuador y los horarios estacionales. La cantidad de energía producida por una celda solar de 1m² está entre 140-170W pico.

El período de depreciación fotovoltaica es la cantidad de tiempo que tarda el sistema fotovoltaico en devolver la energía invertida en la construcción de todos los componentes del sistema, así como la energía necesaria para el daño después de que se haya utilizado. sistema óptico. Por supuesto, el tiempo de consumo de energía varía con los diferentes sitios del sistema, por lo que, en sitios con una gran cantidad de energía solar radiante, la vida útil será mucho más y más corta, es decir, 10 veces o más. En comparación con las fuentes de energía convencionales, la eficiencia de la energía solar es muy baja. Con respecto al aspecto visual, la penetración óptica depende en gran medida del tipo de esquema y del entorno del sistema fotovoltaico. Está claro que, si aplicamos un sistema óptico cerca de una zona de belleza natural, el efecto óptico será muy alto [11].

Si bien la energía solar en la fase de operación no emite sustancias nocivas al medio ambiente, durante las fases de construcción, transporte, mantenimiento y desmantelamiento se liberan sustancias tóxicas al medio ambiente. Estas emisiones y descargas representan un riesgo significativo para la salud de las personas en toda la región. Las partículas de sílice pueden liberarse durante la extracción y purificación de las materias primas; si son lo suficientemente pequeñas, pueden inhalarse y causar silicosis. La producción de paneles de silicio puede incluir; F, Cl, NO₃, isopropanol, SO₂, N₂O, CO₂, partículas de sílice, ácidos y disolventes que se considera que presentan riesgos agudos o crónicos para la salud. La construcción de energía solar a gran escala, como cualquier otra gran industria, puede afectar la calidad del aire, pudiendo ser además, perjudicial para la salud de los empleados y del público en general. Dichos peligros incluyen la liberación de patógenos del suelo en los procesos de limpieza, aumentos de partículas en el aire como polvo, disminución de la visibilidad para los conductores en las carreteras cercanas y la contaminación de los depósitos de agua. Un ejemplo de lo antes comentado es la degradación del suelo en áreas áridas de América del Norte y del Sur, que son lugares objetivo para las plantas solares [12].

El aumento del transporte de los componentes para implementar una planta de generación solar, imponen perturbaciones del suelo induciendo posteriormente concentraciones de contaminantes en el polvo transportado por el aire dentro de lugares que tienen suelos superficiales con trazas de contaminantes radiactivos como radio nucleótidos y productos químicos nocivos como residuos agroquímicos. En la mayoría de los casos, las células fotovoltaicas no se reciclan durante las fases de desmantelamiento dando como resultado contaminaciones por corrosión de elementos tóxicos como cadmio, polvo de sílice y arsénico de las celdas, que pueden ser perjudiciales para la salud humana. La exposición prolongada al polvo de sílice puede provocar silicosis, una enfermedad de los pulmones, que puede ser fatal en casos graves [13]. Cuando se produce un derrame de productos químicos como refrigerantes o fluidos de transferencia de calor o supresores de polvo, puede provocar la contaminación de las aguas superficiales, subterráneas y profundas. El agua es uno de los principales bloques de construcción de las células de silicio. La producción de células solares de silicio requiere grandes cantidades de agua pura para limpiar las obleas de silicio. La energía solar fotovoltaica (PV) requiere agua para limpiar los paneles y generar calor. Su tasa de consumo es de 0 a 33 galones/MWh con un valor medio de 26 galones/MWh. Los sistemas de concentración de energía solar (CSP) también requieren agua para las torres de enfriamiento que oscilan entre 600 y 650 galones de agua por MWh.

Un análisis reciente en instalaciones fotovoltaicas y de CSP con refrigeración seca muestra que el control del polvo para la energía solar a gran escala es el factor dominante (60-99 %) del consumo total de agua en el suroeste de EE. UU. La energía solar consume una gran cantidad de agua como resultado de la refrigeración húmeda, unos 3,07 m³/MWh. Esto es mucho más que el consumo total de gas natural y carbón [14]. Muchos hábitats biológicos son destruidos a través de la minería y extracción de Recursos Naturales tales como Cuarzo, Carburo de Silicio, Vidrio y Aluminio. La instalación de paneles solares a gran escala que tienen un impacto devastador en la biodiversidad de ese entorno en particular requiere una gran área del entorno natural. En algunos casos, la gran infraestructura solar puede fragmentar los hábitats y actuar como barreras lineales para los patrones de migración de ciertas especies de vida silvestre. Aunque algunos animales de gran movilidad o de amplio alcance pueden ser capaces de eludir esta infraestructura, otros son en su mayoría superables para aumentar el riesgo de interrupción del flujo de genes entre las poblaciones a ambos lados de las infraestructuras.

Las celdas solares, como muchos otros sistemas, tienen un impacto negativo en el medio ambiente durante el proceso de fabricación. La energía necesaria para producir los sistemas de energía solar actuales todavía se produce de forma tradicional. Algunas de las sustancias químicas tóxicas utilizadas en el proceso de fabricación se producen como subproductos. En particular, las celdas solares tienen una vida corta y contienen metales pesados como el cadmio, que representa una amenaza para los recursos naturales. Los combustibles fósiles se utilizan para extraer materias primas y transportar estos materiales a las plantas de fabricación. La energía de la red también se utiliza en el procesamiento y producción de materiales y también puede generar emisiones de dióxido de carbono [15].

Se despeja una gran área para instalar paneles solares. Las celdas solares (fotovoltaicas) tienen muchos impactos en el ecosistema natural. Estos impactos están relacionados con varios factores específicos, como la cantidad de tierra y terreno que puede cubrir ecosistemas sensibles y el impacto potencial de instalar paneles solares en la biodiversidad. La aplicación de células solares a la tierra cultivable puede dañar las áreas de producción de la tierra. El uso de la tierra a gran escala también afecta el equilibrio térmico de la región al absorber más energía de la Tierra de la que se refleja desde la superficie de la tierra hacia el espacio. Las aplicaciones serias de la energía solar tendrán que utilizar kilómetros cuadrados de áreas desérticas. El balance de calor de este espacio terrestre ciertamente puede verse afectado por tales aplicaciones [15].

Las células solares no emiten contaminantes durante su funcionamiento. Sin embargo, los módulos solares contienen ciertas sustancias peligrosas que pueden liberarse al medio ambiente en caso de incendio o desmontaje. Varios productos químicos tóxicos se utilizan en la construcción de paneles solares. Estas sustancias tóxicas pueden liberarse al medio ambiente como desechos. La mayoría de los productos utilizados no son biodegradables y suponen un riesgo importante para los organismos que viven en el medio ambiente. Otros efectos nocivos de la energía solar incluyen la erosión del suelo. Esto puede deberse a la deforestación o tala para dejar espacio a los paneles solares o para obtener materias primas para la producción de paneles. La mayoría de las instalaciones de infraestructura de USSE requieren cambios significativos en el paisaje. Tales modificaciones incluyen; remoción de vegetación, nivelación de la tierra, compactación del suelo, construcción de caminos de acceso y actividades que aumentan la pérdida de suelo por el viento y el agua.

III. METODOLOGÍA

De la revisión realizada en la base de IEEE Xplore y Web of Sciences, bases de datos que abordan proyectos de ingeniería y desarrollos en temáticas de energías limpias y renovables, se obtuvieron un total de 251 documentos al realizar una búsqueda que contenía los términos: Impactos, Negativos, Producción, Energías Limpias, se ilustra en la figura 4 el procedimiento realizado en la revisión sistemática. Se identificaron 55 documentos duplicados de lo cual quedaron 196 trabajos para la etapa de revisión, de estos, se discriminaron a 196 debido a que en la revisión del título y abstract a pesar de la relación, no abordaban los aspectos negativos que impactaban al medio ambiente o biodiversidad. De los 87 trabajos restantes, se revisaron los desarrollos discriminando así a 62 trabajos que no identificaban de manera objetiva y con suficiente detalle, los factores o aspectos perjudiciales para el entorno. Finalmente, se consideraron 14 trabajos con información relevante para este desarrollo.

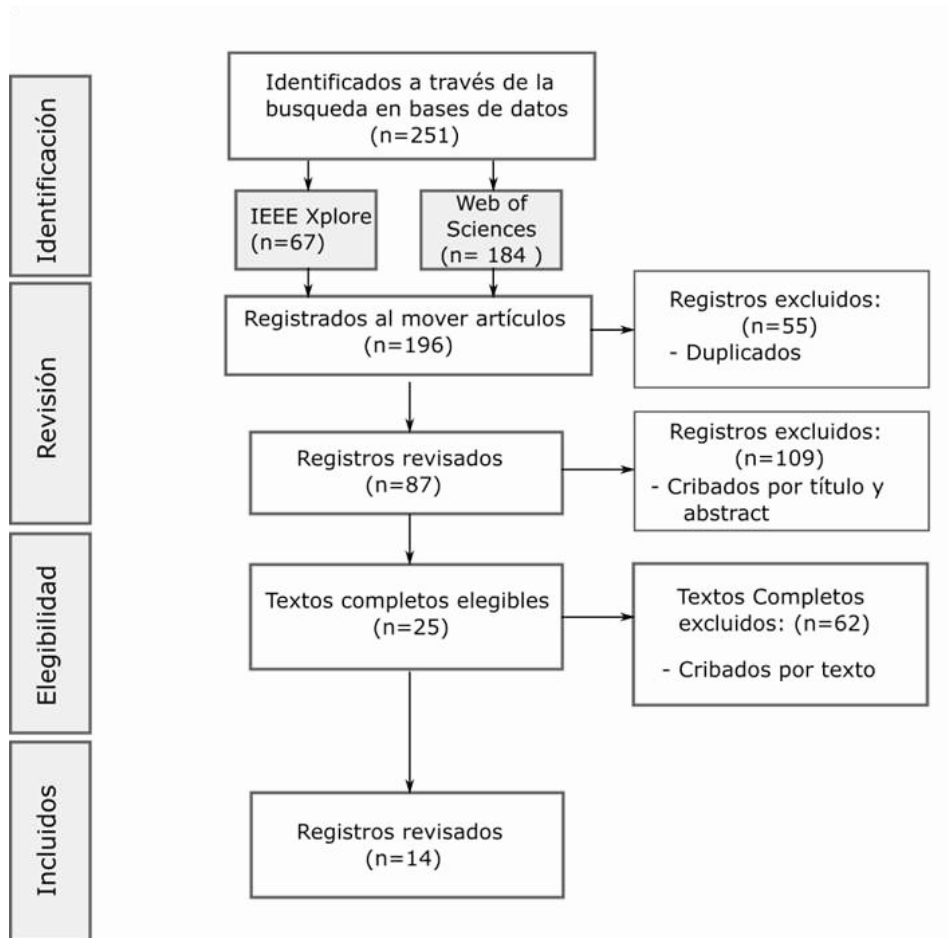


Fig. 4. Flujo de trabajo de la revisión realizada basada en la metodología PRISMA

IV. RESULTADOS

De la información abordada en este artículo de revisión sistemática, se han encontrado múltiples factores que afectan directamente a la fauna, flora, habitantes cercanos a las zonas e inclusive afectaciones en entornos más lejanos.

La generación y producción de energía solar desde la fabricación de las tecnologías incorpora aspectos de contaminación como los químicos descritos en secciones anteriores y que se utilizan para fabricar celdas solares y baterías que se requieren en este tipo de sistemas. EL uso de materiales como el mercurio y una mala administración de estos recursos y residuos puede ser motivo de contaminación del agua inclusive para el consumo humano, lo que incorpora una posibilidad de efecto negativo que debe ser cuidadosamente tratado.

El uso de silicio como material base para las celdas solares y componentes de los circuitos de control de los sistemas fotovoltaicos, generan una serie de partículas que puede afectar a los trabajadores que están en contacto y pueden respirarlas si no se usa la protección debida.

Se ha evidenciado en algunos trabajos, las afectaciones y desplazamiento de la fauna que ha dejado su hábitat debido a que las generadoras de energía han ubicado ahí sus plantas afectado además a la fauna regional y modificando la biodiversidad.

Se ha comentado además que el uso de estaciones generadoras de energía eléctrica a partir de energía solar impulsa el efecto invernadero y con ello dejando una huella de carbono que puede hacerse visible a mediano y largo plazo.

CONCLUSIONES

Existe una diversidad de vacíos en el conocimiento referente a los impactos de la energía solar como método de generación de energía eléctrica. La documentación científica reconoce que existen aspectos relacionados con la fauna, flora y afectaciones de su hábitat, sin embargo, no se han realizado estudios lo suficientemente consistentes en torno a estos aspectos ni se han categorizado o sistematizado sus análisis de manera completa.

El aumento del uso de la energía solar como fuente primaria de energía, en la actualidad, se torna inminente, muchos países en sus planes para el futuro ya consideran este crecimiento el cual se ha tomado de referencia inclusive para la generación y proliferación de redes inteligentes de distribución de energía y su suministro en ciudades e industrias.

En vista de la casi constante y reducida eficiencia de los sistemas captadores de energía fotovoltaica y térmica, la tecnología de aprovechamiento de esta energía se verá obligada a emplear más área física lo cual evitará que esta sea aprovechada en actividades agropecuarias afectando regiones circundantes de manera notoria.

Según se evidencia, el empleo de energía térmica solar es una de las alternativas que menos generar afectaciones en el medio ambiente, por tanto optar por estas tecnologías puede reducir y mitigar el impacto negativo en el aprovechamiento de la energía fotovoltaica

REFERENCIAS

- [1] A. Naidoo, «The socio-economic impacts of solar water heaters compared across two communities: A case study of Cato Manor», *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 119, p. 109525, mar. 2020, doi: 10.1016/j.rser.2019.109525.
- [2] A. Azarpour, S. Suhaimi, G. Zahedi, y A. Bahadori, «A Review on the Drawbacks of Renewable Energy as a Promising Energy Source of the Future», *Arab J Sci Eng*, vol. 38, n.o 2, pp. 317-328, feb. 2013, doi: 10.1007/s13369-012-0436-6.
- [3] M. Z. A. Ab Kadir, Y. Rafeeu, y N. M. Adam, «Prospective scenarios for the full solar energy development in Malaysia», *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, n.o 9, pp. 3023-3031, dic. 2010, doi: 10.1016/j.rser.2010.07.062.
- [4] J. W. Kimball, B. T. Kuhn, y R. S. Balog, «A System Design Approach for Unattended Solar Energy Harvesting Supply», *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 24, n.o 4, pp. 952-962, abr. 2009, doi: 10.1109/TPEL.2008.2009056.
- [5] E. Kabir, P. Kumar, S. Kumar, A. A. Adelodun, y K.-H. Kim, «Solar energy: Potential and future prospects», *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, pp. 894-900, feb. 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.09.094.
- [6] I. T. Michailidis, S. Baldi, M. F. Pichler, E. B. Kosmatopoulos, y J. R. Santiago, «Proactive control for solar energy exploitation: A german high-inertia building case study», *Applied Energy*, vol. 155, pp. 409-420, oct. 2015, doi: 10.1016/j.apenergy.2015.06.033.
- [7] J. Pokorny et al., «Solar energy dissipation and temperature control by water and plants», *IJW*, vol. 5, n.o 4, p. 311, 2010, doi: 10.1504/IJW.2010.038726.
- [8] M. Zhang et al., «Efficient, low-cost solar thermoelectric cogenerators comprising evacuated tubular solar collectors and thermoelectric modules», *Applied Energy*, vol. 109, pp. 51-59, sep. 2013, doi: 10.1016/j.apenergy.2013.03.008.

- [9] B. Akash, A. M. A. Abdo, O. Akash, y M. S. Mohsen, «Scopus-based Analysis of Peer-Reviewed Literature Related to Solar Energy in GCC Countries», *Procedia Computer Science*, vol. 83, pp. 750-757, 2016, doi: 10.1016/j.procs.2016.04.163.
- [10] D. R. Cameron, B. S. Cohen, y S. A. Morrison, «An Approach to Enhance the Conservation-Compatibility of Solar Energy Development», *PLoS ONE*, vol. 7, n.o 6, p. e38437, jun. 2012, doi: 10.1371/journal.pone.0038437.
- [11] M. K. H. Rabaia et al., «Environmental impacts of solar energy systems: A review», *Science of The Total Environment*, vol. 754, p. 141989, feb. 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141989.
- [12] S. M. Ladjevardi, A. Asnaghi, P. S. Izadkhast, y A. H. Kashani, «Applicability of graphite nanofluids in direct solar energy absorption», *Solar Energy*, vol. 94, pp. 327-334, ago. 2013, doi: 10.1016/j.solener.2013.05.012.
- [13] H.-Y. Wang et al., «Adverse Effects of Excess Residual PbI₂ on Photovoltaic Performance, Charge Separation, and Trap-State Properties in Mesoporous Structured Perovskite Solar Cells», *Chem. Eur. J.*, vol. 23, n.o 16, pp. 3986-3992, mar. 2017, doi: 10.1002/chem.201605668.
- [14] M. Chandrasekar, P. Gopal, C. Ramesh Kumar, y V. Edwin Geo, «Effect of solar photovoltaic and various photovoltaic air thermal systems on hydrogen generation by water electrolysis», *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 47, n.o 5, pp. 3211-3223, ene. 2022, doi: 10.1016/j.ijhydene.2021.04.205.
- [15] T. D. J. Guzmán-Hernández, F. Araya-Rodríguez, G. Castro-Badilla, y J. M. Obando-Ulloa, «Uso de la energía solar en sistemas de producción agropecuaria: producción más limpia y eficiencia energética», *TM*, vol. 29, n.o 8, p. 46, dic. 2016, doi: 10.18845/tm.v29i8.2984.

LOS AUTORES



Paul Balladares, Mayor e Ingeniero Militar de la Brigada No. 17 "PASTAZA", Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Chimborazo, Licenciado en Ciencias Militares de la Universidad del Fuerzas Armadas ESPE, Magíster en Hidráulica de la Escuela Politécnica Nacional EPN, Diplomado en Modelación Hidráulica e Hidrológica por CIDHMA Capacitación (Perú).



Leslie Torres, Estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad de las Américas en Quito-Ecuador. Su ámbito de Investigación son las Energías no convencionales y la Industria 4.0



Vannesa Castro, Estudiante de la Carrera de Ingeniería en Diseño Industrial en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad Central del Ecuador en la ciudad de Quito-Ecuador. Su ámbito de Investigación es el Diseño, y el impacto ambiental de las nuevas tecnologías de producción industrial.