

## ENERGÍAS RENOVABLES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE PARA LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

**Gladys Lino<sup>1,\*2</sup>**

Universidad Científica del Sur - Perú

**Mauricio Saez<sup>3</sup>**

Wageningen University & Research - Países Bajos

**Recibido:** 01/11/2022

**Aprobado:** 10/01/2023

### RESUMEN

En las últimas décadas, el cambio climático ha venido ganando interés en la comunidad científica internacional debido al constante incremento de la concentración de gases de efecto invernadero (principalmente CO<sub>2</sub>) y sus consecuencias en los ámbitos económico, social y ambiental. Al mismo tiempo, la demanda energética mundial ha venido creciendo con el desarrollo económico y demográfico. En ese sentido, los países han optado por diversificar sus matrices energéticas para reducir la dependencia a los combustibles fósiles, migrando hacia alternativas energéticas renovables. La presente revisión propone una descripción del estado actual de la región de América Latina y el Caribe en términos de instalación y uso de energías renovables alternativas a las fuentes fósiles. Resaltan dualidades entre países como Paraguay o Costa Rica, los cuales consumen casi la totalidad de su energía a partir de fuentes renovables, mientras otros como Trinidad y Tobago que aún dependen principalmente de las fuentes no renovables y deben aun invertir esfuerzos en la diversificación energética. De igual modo, existe un grupo organizado entre los estados Latinoamericanos en favor del desarrollo de energías renovables llamado “Renovables en Latinoamérica y el Caribe (RELAC)”.

<sup>1</sup> Doctora en Biología Vegetal (Universidad Científica del Sur, Lima, Perú). Correo Electrónico: glino@cientifica.edu.pe

<sup>2</sup> Doctora en Biología Vegetal (Universidad de Barcelona, Barcelona, España)

<sup>3</sup> Candidato a Máster en Biobased Sciences (Wageningen University & Research, Wageningen, Países Bajos). Correo Electrónico: mauricio.saezramirez@wur.nl

**Palabras clave:** Energías renovables – Cambio climático – América Latina.

---

## ABSTRACT

In recent decades, climate change has gained interest in the international scientific community due to the constant increase in the concentration of greenhouse gases (mainly CO<sub>2</sub>) and its consequences in various states in the economic, social, and environmental fields. Simultaneously, world energy demand has been growing hand in hand with economic and demographic development worldwide. In this sense, nations have been choosing to diversify their energy matrixes in order to reduce their dependence on fossil fuels, betting on different renewable energy alternatives. This review aims to describe the current state of the Latin American region in terms of the deployment of installation and use of renewable energy alternatives to carbon sources. Dualities stand out between nations such as Paraguay or Costa Rica which almost entirely consume their energy from renewable sources and others such as Trinidad and Tobago which still depend mainly on non-renewable sources and must invest efforts in energy diversification. Similarly, there is an organized group among Latin American states in favor of renewable energy development called "Renewables in Latin America and the Caribbean (RELAC)".

**Keywords:** Renewable energies – Climate change – Latin America.

---

## 1. Introducción

En los últimos años las energías alternativas o renovables han cobrado relevante protagonismo en el panorama internacional. Este sector representa un significativo impulso en la investigación científica, desarrollo e innovación, así como en la generación de puestos de empleo y el sector educativo. La progresiva transición del uso de fuentes fósiles a energías más limpias es una tendencia notablemente marcada en diversos países alrededor del mundo. No obstante, es un proceso que representa una inversión inicial importante, la contribución de personal altamente calificado y un tiempo definido para su implementación.

Se estima que el 59 % de la generación eléctrica en los países de América Latina y el Caribe (ALC) proviene de fuentes renovables (OLADE, 2021b), principalmente a partir de hidroelectricidad. Sin embargo, 14 millones de latinos no cuentan aún con acceso a energía eléctrica (Acheampong, Erdiaw-Kwasie y Abunyewah, 2021), por lo que resulta fundamental reducir la brecha existente y cubrir el requerimiento de falta de energía convencional. Asimismo, esta región se puede considerar como una de las más afectadas por la pandemia de la COVID-19 y es un territorio bastante sensible a las consecuencias del cambio climático, por lo que una transición hacia las energías renovables resulta de vital importancia para garantizar la cobertura de necesidades actuales, impulsar el crecimiento económico, el desarrollo en estos países y combatir los efectos del calentamiento global.

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático ha señalado que las actividades antropogénicas son la causa principal del calentamiento global observado desde 1960 aproximadamente, que conlleva al calentamiento de la atmósfera y la hidrósfera, a las alteraciones en el ciclo hidrológico, a la salinización de los suelos, al retroceso de los glaciares, a la elevación mundial progresiva del nivel del mar, a la acidificación de los océanos y a las alteraciones en algunos eventos climáticos extremos, debido a un aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (IPCC, 2007). Además, se prevé que para el año 2050, la temperatura media de la Tierra aumente en 2.5 °C (Pearce, Holmberg, Hellsten y Nerlich, 2014) debido al incremento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

Según el acuerdo de la XXI Conferencia sobre Cambio Climático celebrada el 2015 en París, se acordó por consenso reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> como parte de la estrategia para la reducción de gases de efecto invernadero (GEI) y, de esta manera, sumar esfuerzos para evitar que la temperatura media del planeta incremente en más de 2 °C (Convención Marco sobre el Cambio Climático, 2015). Paradójicamente, todas nuestras actividades dependen directa e indirectamente de la energía, la cual se puede clasificar, por un lado, en fuentes de energías primarias, entendidas como aquellas que no han

sufrido transformación y se mantienen en su estado natural tales como el crudo de petróleo, carbón mineral, gas natural o biomasa. Por otro lado, las fuentes de energías secundarias, las cuales han sufrido efectivamente una transformación a partir de fuentes de origen primario o de otras fuentes secundarias como lo son los productos refinados a partir del petróleo, la electricidad o los biocombustibles. Por lo tanto, una economía basada en el aprovechamiento y uso de energías alternativas es la opción más viable en el futuro escenario de cambio climático (Zidanšek et al., 2009).

El objetivo de este trabajo fue realizar un análisis del uso de las energías renovables en América Latina y el Caribe para la mitigación del cambio climático.

## 2. Energías renovables

La producción de energía a partir de fuentes renovables ha alcanzado mayor relevancia debido al cambio climático producido por el aumento de los GEI, principalmente de CO<sub>2</sub>. A la fecha, muchos países cuentan con legislaciones que fomentan el incremento y diversificación de sus matrices energéticas en sus territorios y las consideran como asuntos de máxima prioridad en sus agendas políticas.

Desde de la revolución industrial, los combustibles fósiles han sido la principal fuente de obtención de energía en diversos ámbitos de la industria. Actualmente, se considera un recurso más limitado, difícil de extraer, costoso y de un intenso debate ambiental y político. Sin embargo, las proyecciones indican que el consumo de energía a nivel mundial va en aumento conforme pasen los años (Sieminski, 2014). Actualmente, se conoce que el agotamiento de los combustibles fósiles (principalmente del petróleo) y la necesidad de reducir las emisiones de GEI son los dos aspectos de mayor importancia para conseguir otras fuentes de energía que permitan mantener nuestras actividades (Höök y Tang, 2013). Lo anterior, sumado a la crisis energética mundial que se vive actualmente, está promoviendo la investigación de nuevas alternativas de energías renovables.

Un claro ejemplo de esta tendencia ocurre en la Unión Europea (UE) donde, en la última década, ha venido impulsando el uso de energías renovables. Según la última directiva de la comisión europea, se estableció que los estados miembros de la UE deben incrementar progresivamente el uso de energías alternativas y reducir el consumo de combustibles fósiles. Así, para el año 2030, al menos el 40 % del gasto energético de la

UE debe ser a partir de fuentes renovables (The European Parliament, 2018). En ese sentido, para el año 2017, el porcentaje de energías renovables variables (ERV) utilizados en algunos países europeos se efectuó de la siguiente manera: Dinamarca 53%; otros países como Lituania, Irlanda, España y Alemania alcanzaron cifras alrededor del 20% (IRENA, 2019).

En el caso de ALC, según el informe “Panorama de América Latina y el Caribe” presentado por la Organización Latinoamericana de Energía, en el 2020 se logró el 60 % de renovabilidad en la capacidad instalada de generación y una participación del 26 % de la energía utilizada en la región, que es el porcentaje más alto de energías renovables en comparación con el resto del mundo. En función de ese resultado, quince países (Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana y Uruguay) formaron la iniciativa “Renovables en América Latina y el Caribe” (RELAC) y trazaron como meta que para el año 2030 se alcance el 70 % de participación de energías renovables como parte de su generación de energía (OLADE, 2021b). La meta presentada por la RELAC es notablemente ambiciosa y, a pesar de los grandes avances en este ámbito (principalmente solar y eólica), la región ha mantenido una producción relativamente estable. Sin embargo, ALC es una región que aún se encuentra en vías desarrollo y se estima que se requerirá aproximadamente 30 mil millones de dólares en inversiones por año, además que obligatoriamente se necesitarán de unas sólidas políticas de apoyo (Paredes, 2017).

La proyección de la demanda mundial de energía va en aumento de manera significativa debido al crecimiento demográfico y al desarrollo industrial. Asimismo, los últimos acontecimientos que vienen sucediendo en el contexto internacional también contribuyen negativamente en los esfuerzos hacia la mitigación y adaptación al cambio climático.

Por un lado, la pandemia de la COVID-19, un episodio no contemplado en dicha proyección, se vivió desde inicios de 2020 y nos llevó a una crisis mundial en el ámbito sanitario que repercutió finalmente en todos los demás niveles (económico, educativo, industrial, etc.). Durante los primeros meses y debido a la limitada actividad industrial a

causa de los periodos de cuarentena obligatoria establecidos por los gobiernos de la mayoría de países, se observó un descenso en las emisiones de CO<sub>2</sub> (Aruga, Islam y Jannat, 2021). No obstante, se ha confirmado lo que los científicos esperaban en un escenario postpandemia: un aumento de demanda de materias primas, de la actividad industrial y por ende del mismo CO<sub>2</sub> (Zanoletti, Cornelio y Bontempi, 2021). La demanda de energía va rápidamente en aumento para poder satisfacer las necesidades de la población mundial y, para ello, la mayoría de países tienen sus propias estrategias, planes, políticas y medidas de control para cubrir sus necesidades básicas.

Otro evento no contemplado inició en febrero de 2022, la guerra ruso-ucraniana, que se encuentra actualmente en curso, y puso en jaque a la Unión Europea dependiente de gas ruso. Es por ello que, a la fecha, se ha trazado un plan que está aprobado por los ministros de energía en Bruselas y que tiene como objetivo garantizar una reducción del consumo de gas de manera coordinada en toda la Unión Europea durante la próxima temporada de otoño/invierno que inicia en setiembre y culmina en marzo. Esta guerra implica un replanteamiento de las metas y objetivos trazados por ambos países en materia climática. Respecto a Ucrania, la importante reducción de su producción agrícola, el aumento esperado del riesgo a inundaciones y la dependencia energética colocan al país en un escenario de vulnerabilidad (Rawtani, Gupta, Khatri, Rao y Hussain, 2022). En el ámbito político, el *Climate Center* (2021) considera que, a pesar de haberse comprometido a reducir sus GEI en un 60% desde 1990, factores como la corrupción y la inestabilidad política merman significativamente los esfuerzos de Ucrania para lograr sus objetivos climáticos. En ese sentido, es claro que el orden prioritario del país afectado cambiará drásticamente en un escenario de posguerra, siendo sus principales objetivos la reconstrucción, estabilizar su economía y recuperar el bienestar social (Rawtani et al., 2022), lo cual emitirá cantidades importantes de GEI. Por otra parte, a Rusia le augura un futuro distante y de difícil negociación en cuanto a cooperación multinacional y en cuanto a la lucha contra el cambio climático debido al rechazo de la comunidad internacional respecto al actuar de Moscú (Sikorsky, Barron y Hugh, 2022). A partir de estos dos importantes sucesos no contemplados, añadido a que los recursos renovables disponibles en el mundo se están agotando, es de vital importancia que los políticos de los países

busquen una transición a fuentes de energía alternativas y que de esta manera sean energéticamente independientes (Mbah y Wasum, 2022).

Las energías alternativas son de carácter horizontal, por lo tanto, no son excluyentes, sino colaborativas, eso quiere decir que una no es mejor que otra, sino que se complementan y la elección de una u otra opción será en función de los recursos con los que se cuente y a las actividades que se vayan a desarrollar con dicha energía. Dentro de las energías renovables más populares tenemos a la energía solar, la energía eólica, la energía hidráulica, la energía geotérmica y la bioenergía.

## **2.1. Energía solar**

La energía solar es un tipo de energía renovable, considerada como una fuente no contaminante, ilimitada, está disponible libremente sin costo y se encuentra en cualquier parte del planeta. Se obtiene al convertir la radiación electromagnética que proviene del sol en forma de calor por conversión fototérmica o directamente en electricidad por el efecto fotovoltaico. Un sistema fotovoltaico es un conjunto de células solares o células fotovoltaicas dispuestos en paneles y se basan en la capacidad que tienen estos paneles de transformar la energía solar en energía eléctrica (Plá, Perez y Durán, 2016).

Dentro de las principales características de la energía solar tenemos: son modulares (tienen una capacidad de adaptación al espacio), ya que pueden construirse desde grandes plantas fotovoltaicas hasta pequeños paneles para uso doméstico; se puede almacenar la electricidad no utilizada en baterías acopladas al sistema y darle un uso posterior; es un sistema adecuado para zonas aisladas o rurales, donde la red eléctrica es de difícil acceso, ineficiente o costosa; es ideal para zonas geográficas en donde su climatología presenta muchas horas de luz al año tanto en verano como en invierno (Kannan y Vakeesan, 2016). Sin embargo, dentro de sus principales desventajas se puede incluir su el alto costo inicial para la instalación, además, que siempre se debe contar una reserva de energía almacenada en baterías debido a que la cantidad de luz recibida es variable en el tiempo por lo que no es un flujo constante (Maradin, 2021).

Las aplicaciones más importantes de la energía solar están distribuidas en diferentes temáticas, por ejemplo, en el área de la construcción, se pueden utilizar para uso doméstico, instalándolos en los techos de las viviendas, tanto para la iluminación,

calefacción, refrigeración, agua caliente, uso de electrodomésticos, etc. (García, Gago, Bayo y Montes, 2007). Por otro lado, en el área agrícola se pueden utilizar para el riego de los cultivos agrícolas, los invernaderos, la calefacción para las granjas, etc. (Chikaire et al., 2010). Asimismo, en el área de saneamiento se usan para tratar aguas residuales, eliminación de salinidad, etc. (Pandey et al., 2021).

El uso de esta energía alternativa de manera adecuada es una buena opción para el futuro y poder evitar consecuencias no deseadas derivadas de la crisis energética. De igual modo, representa una oportunidad para la electrificación en las áreas remotas, teniendo en cuenta que los costos en materia de instalación vienen disminuyendo favorablemente en los últimos años.

## ***2.2. Energía eólica***

La energía eólica se obtiene transformando la fuerza del viento, el cual es un recurso ilimitado, en electricidad. Para ello se utiliza un sistema llamado aerogenerador que se compone de dos partes: el rotor que transforma la energía cinética en energía mecánica; el generador que transforma la energía mecánica resultante del proceso anterior en energía eléctrica.

Las principales ventajas de la energía eólica son: es una fuente inagotable que se puede aprovechar siempre que hayan corrientes de viento suficientes; es económica, se requiere inversión para su instalación, sin embargo, su mantenimiento es bajo y cuanto más rachas de aire hayan su beneficio será mayor; es limpia, no precisa de combustión; (es de bajo impacto, si bien es cierto que los parques eólicos requieren espacio, se instalan solo si cumplen un riguroso estudio de impacto ambiental, además, se aprovechan zonas no pobladas para evitar efectos negativos en los ecosistemas. Sin embargo, su principal desventaja es su imprevisibilidad y, por tanto, la variabilidad en la energía que se puede aprovechar puede ser muy fluctuante. Además, la topografía del lugar juega un rol importante, ya que depende de esta para que haya más o menos corriente de aire, por tanto, no se puede obtener el mismo resultado de todos los lugares potenciales (Hernández, Manzano y Zapata, 2010).

Se conocen dos tipos de energía eólica. Uno es la energía eólica terrestre, que es la forma tradicional de obtención de energía eólica, en la cual se produce energía eléctrica a partir del aprovechamiento de la fuerza del viento que se recoge en los parques eólicos

instalados en la tierra. La infraestructura consiste en instalar una red de aerogeneradores capaces de convertir la energía cinética en energía eléctrica y finalmente, integrarla en una red de distribución. Es el tipo de energía eólica más usada a nivel mundial por su facilidad de implementación de infraestructura e instalación. El segundo tipo es la energía eólica marina: Este tipo de energía es mucho más moderna que la terrestre. Sin embargo, los costes de instalación en el mar pueden superar fácilmente el triple del coste en tierra debido a que los parques eólicos marinos están a unos 10 km de las costas y a 10 m de profundidad. Las turbinas deben fijarse en el fondo del mar lo que implica el desarrollo de un buen soporte, la instalación de cables submarinos para la transmisión de electricidad requiere de equipos especiales y el mantenimiento del sistema requiere de personal altamente calificado (Bilgili, Yasar y Simsek, 2011).

### ***2.3. Energía hidráulica***

La energía hidráulica es aquella que permite la generación de electricidad a partir del movimiento de masas de agua que provienen de presas principalmente y que se construyen de manera eficiente aprovechando los desniveles geológicos. Actualmente, el agua es el recurso natural más importante en la generación de energía eléctrica y es fundamental mencionar que las explotaciones hidroeléctricas no producen contaminación ni deterioro del recurso (Osorio, 2016). Para que este proceso sea efectivo, las presas deben construirse en lugares donde haya precipitaciones contantes, ya que las lluvias son esenciales en la producción de la energía.

Respecto a la emisión de GEI, las centrales hidroeléctricas suelen emitir muchos menos gases que las centrales térmicas. Además, como algunas de las fuentes renovables de energía revisadas en este artículo, requieren de un capital de iniciación significativo, sin embargo, en este caso, se compensa con los bajos costos operativos (Kaygusuz, 2002). Junto con la inversión inicial, la energía hidroeléctrica tiene otras desventajas, como la necesidad de inundar importantes extensiones de terreno, por lo que puede generar incompatibilidades con otras actividades. Si bien es cierto, este proceso no consume agua, pero sí consume espacio y puede generar conflictos en función de la época del año en la que nos encontremos (Marín y Marín, 2010).

Según Osorio (2008) una central hidroeléctrica está constituida generalmente por varios elementos como: componentes de retención y almacenaje de agua (embalses),

componentes de conducción (canales, tuberías y sifones), componentes de apertura y cierre (compuertas y válvulas), equipo hidráulico (turbina, rejas y limpiarejas), equipo eléctrico (generador, transformador, cableado), equipo de control (interruptores, autoválvulas y red a tierra), equipo auxiliar (batería, iluminación) y edificio de la central.

Por tanto, la transformación de la energía cinética en electricidad obtenida por una gran masa de agua en constante movimiento se efectúa con los elementos mencionados anteriormente, siendo muy importantes las turbinas y los generadores en óptimas condiciones de eficiencia energética.

#### **2.4. Energía geotérmica**

La energía geotérmica es un tipo de energía alternativa que aprovecha el calor del núcleo de la Tierra almacenado en rocas, suelos y aguas subterráneas, por medio del gradiente térmico que está en relación de 30 °C por kilómetro de profundidad, para convertirla finalmente en energía eléctrica (Barbier, 2002). Dentro de sus aplicaciones principales está la generación de electricidad, producción de agua caliente, aire acondicionado y calefacción (Manzella et al., 2018). Probablemente aún sea una fuente desconocida para muchas personas hoy en día, no obstante, dentro de sus principales ventajas están las siguientes: es una energía limpia, renovable e inagotable, apenas genera residuos o gases nocivos y es bastante estable, ya que no depende las fluctuaciones del sol o el aire. Sin embargo, su principal desventaja es que se requiere de una zona geológica con unas características muy particulares y una inversión inicial importante.

Se pueden clasificar en cuatro grandes tipos: Altas temperaturas, usada principalmente para producir electricidad, la temperatura debe ser superior a 150 °C. Temperaturas medias, necesaria para pequeñas centrales eléctricas, su temperatura está comprendida entre los 100 y 150 °C. Bajas temperaturas, de uso doméstico e industrial principalmente, calefacción, aire acondicionado, agua caliente, refrigeración, su temperatura está comprendida entre 30 y 100 °C. Muy bajas temperaturas, de uso doméstico principalmente para la climatización de edificios, las temperaturas fluctúan por debajo de los 30 °C (Agencia Andaluza de la Energía, 2011).

La energía geotérmica se obtiene mediante tres pasos: *Perforación*, que es el primer paso para poder acceder a esa fuente de energía del subsuelo. Para ello es necesario la localización ideal del yacimiento y la posterior perforación de la zona seleccionada. Se

requiere obligatoriamente de estudios geológicos, mineros y ambientales previos a la perforación, así como también equipamiento tecnológico adecuado y personal altamente cualificado para dicha operación. Las perforaciones tienen un diámetro entre 10 y 15 cm; Instalación/Extracción, posterior a la perforación y se introducen unas o varias sondas geotérmicas de poliuretano en forma de tuberías delgadas y selladas que contienen agua o líquido anticongelante, para que realicen un intercambio de calor, ya que al introducir las a las zonas profundas aumentan las temperaturas y el calor se recoge posteriormente de la superficie; Producción, último paso para la obtención de energía eléctrica, por lo que se requiere de la instalación de una planta geotérmica que recoja el vapor y lo convierta en energía aprovechable.

La energía geotérmica no es tan conocida como la solar, sin embargo, conduce a una reducción en la importación de los combustibles convencionales y en algunas áreas puede ser la única fuente de energía disponible. Además, la Organización de Naciones Unidas (ONU) la recomendó durante la Convención Marco sobre el Cambio Climático celebrada en Kioto (Japón) en 1997 como una forma de reducción de los GEI (Dickson y Fanelli, 2013).

### **2.5. Bioenergía**

La bioenergía es otro tipo de energía renovable que puede producirse de diversas materias primas de origen orgánico, como son la biomasa residual (a partir de desechos de diversas actividades), de cultivos alimenticios o cultivos energéticos.

A través de diversos métodos, estos materiales básicos pueden ser utilizados para producir calor o electricidad de forma directa, o se pueden transformar para producir gas o combustible líquido. Por lo tanto, estamos ante otra alternativa más con la que lograr un suministro energético verde y sostenible.

El uso tradicional de la biomasa es la forma más común utilizada en los países en vías de desarrollo. El uso de la bioenergía generalmente es a pequeña escala y principalmente para el abastecimiento de combustible local, aunque Europa muestra un aumento en el uso de la biomasa para la generación de biocombustibles, por lo que en los últimos años se está volviendo más atractivo para el comercio internacional (Edenhofer et al., 2011).

Para producir bioenergía, se requiere de biomasa (herbáceas y leñosas), residuos orgánicos, y en algunos casos se hace uso de estiércol. Como recurso energético la biomasa se clasifica de la siguiente manera: biomasa natural, biomasa residual y biomasa de cultivos energéticos (gramíneas perennes) (Margalef, 1980; Offermann et al., 2011).

Debido a la urgencia de ampliar el abanico de las alternativas para la producción de energías renovables, algunas plantas como la soja, la caña de azúcar y el maíz se han estudiado para usar su biomasa en la producción de biocombustibles. A la fecha, existe una gran variedad de cultivos usados para producir bioenergía y se clasifican de la siguiente manera: biocombustibles de primera (1G), segunda (2G) y tercera generación (3G). Además, según la Agencia Internacional de Energía (AIE), se pueden clasificar como biocombustibles convencionales y avanzados. Los convencionales tienen procesos determinados y actualmente se encuentran en fase de producción de biocombustibles a nivel comercial. Estos biocombustibles se conocen como 1G y podemos encontrar al bioetanol producido a base de azúcar y almidón, el biodiésel producido a base de cultivos oleaginosos y el biogás producido a partir de la digestión anaeróbica. Para la producción de este tipo de biocombustible, se utilizan cultivos alimenticios como la caña de azúcar, la remolacha azucarera, el maíz, el trigo, la canola, soja y el aceite de palma, además, en algunos casos, se pueden utilizar residuos animales y residuos urbanos. Para la producción de biocombustible 1G se utilizan productos agrícolas para su elaboración, por lo que se requiere del uso de tierras fértiles, además de grandes cantidades de agua, nutrientes y pesticidas para su producción. Por otro lado, los avanzados son aquellas tecnologías de transformación que pueden estar en investigación y desarrollo, fase piloto o fase de demostración y que se conocen como 2G o 3G. Esta clase contiene a los biocombustibles producidos a partir de la biomasa de cultivos energéticos o a partir de biomasa de algas y que se usan para la conversión de azúcar en bioetanol principalmente. En este caso no se utilizan cultivos destinados a la alimentación humana o animal, por lo que no requiere de tierras fértiles y, además, sus requerimientos de agua y nutrientes son mínimos comparados con un cultivo tradicional.

La biomasa de alto rendimiento obtenida a partir de cultivos energéticos (principalmente gramíneas perennes) se cultivan en tierras pobres e infértiles (también conocidas como tierras marginales), ya que no son exigentes nutricionalmente. Su

principal ventaja es que pueden proporcionar a los agricultores otras opciones para la diversificación de su producción, aumentar sus ingresos económicos y solventar sus compromisos financieros sin implicar el uso de las tierras agrícolas y, por lo tanto, sin comprometer la producción de alimento. Las principales particularidades que presentan las gramíneas perennes y que las hacen interesantes son: una fuerte fisiología, un buen potencial de crecimiento, altos contenidos de carbohidratos y su nulo impacto ambiental. En Europa, desde hace varios años, se han estudiado aproximadamente 20 especies, de las cuales *Panicum virgatum* L., *Miscanthus x giganteus* y *Arundo donax* L. son las más usadas en los programas de investigación y desarrollo. Estas especies son de ciclo perenne debido a su duración en el ambiente (entre 15 y 20 años), no requieren de tierras agrícolas para su crecimiento, ya que pueden cultivarse en tierras infértiles (Lewandowski, Scurlock, Lindvall y Christou, 2003) y, a su vez, proporcionan beneficios en el suelo, en términos de estructura, estabilidad y calidad (aumento de materia orgánica en el suelo y retención de nutrientes) (Angelini, Ceccarini, o Di Nasso y Bonari, 2009).

### 3. Uso de las energías renovables en América Latina y el Caribe

Para ALC las energías renovables representan una oportunidad para el desarrollo y el crecimiento económico, la innovación y la recuperación económica postpandemia. Podríamos decir que es la región más verde del mundo, con innumerables recursos naturales para la transición hacia las energías limpias, sin embargo, los gobiernos de estos países no cuentan con capacidad de financiamiento para cubrir los costos de implementación de estas, por lo que es importante la participación del sector privado (Silva, Fuinhas y Koengkan, 2021). A pesar de este panorama, los países de ALC han aumentado la capacidad de energías renovables, por lo que esta región se encuentra en muy buen nivel en comparación con otras regiones del mundo (Washburn y Pablo-Romero, 2019).

La energía renovable más usada en ALC es la hidroeléctrica, que representa aproximadamente el 90 %, sin embargo, en los últimos años se ha visto afectada la participación de la hidroeléctrica, probablemente debido a un aumento en el uso de la energía solar y la energía eólica en esta región (Koengkan, Poveda y Fuinhas, 2020; Washburn y Pablo-Romero, 2019).

El tipo de energía instalado por cada país de la región ALC, así como su capacidad de uso, se presenta en las Tablas 1 y 2, respectivamente. En ambos indicadores, tanto en cuanto a capacidad instalada como en generación eléctrica por fuente, es notable el desarrollo energético nuclear en países como Brasil, Argentina y México con respecto a los otros países de la región. Asimismo, no sorprende que, dada su envergadura, extensión y desarrollo económico, Brasil lidere la capacidad instalada de fuentes energéticas como solar, eólica, hidráulica y térmica. Sin embargo, resalta su nula capacidad instalada en otras fuentes como geotérmica, pero principalmente biogás y biomasa.

Por otro lado, los únicos países de la región que cuentan con instalación y generación eléctrica a partir de biomasa son tanto México como Uruguay, con generaciones de 600 y 2701 GWh, respectivamente. Adicionalmente, resaltan particularmente las cifras reportadas por Uruguay, donde cuadruplican los niveles de generación del país norteamericano con valores demográficos y de terreno disponible sustancialmente inferiores.

Por su parte, Chile es el único país Sudamericano en generar energía eléctrica a partir de energía geotérmica, la cual es más frecuente en países centroamericanos y norteamericanos. En ese sentido, tanto su capacidad instalada y su generación eléctrica a partir de esta fuente (45 MW y 247 GWh) es comparable con las de sus pares de Guatemala y Honduras, cuyos indicadores reflejan 49 MW y 39 MW como capacidad instalada y 274 GWh y 307 GWh como generación eléctrica a partir de energía geotérmica, respectivamente.

**Tabla 1.** Capacidad energética instalada (MW) en los países de América Latina y el Caribe en el año 2020

País	Capacidad instalada (MW) 2020								
	Térmica no renovable	Nuclear	Renovable						
			Solar	Eólica	Hidráulica	Térmica	Geotérmica	Biogás	Biomasa
Argentina	25362	1755	759	2623	11344	108	0	0	0
Barbados	267	0	50	0	0	0	0	0	0
Belice	55	0	1	0	55	22	0	0	0
Bolivia *	2677	0	122	27	759	128	0	0	0
Brasil	27769	1990	7934	17146	109294	15383	0	0	0
Chile *	12875	0	3575	2527	6814	474	45	0	0
Colombia *	5589	0	61	18	11945	151	0	0	0
Costa Rica *	474	0	5	394	2331	71	262	0	0
Cuba	5414	0	210	12	65	961	0	0	0
Ecuador *	2840	0	28	21	5064	143	0	0	0
El Salvador *	771	0	474	36	574	294	204	7	0
Granada	52	0	1	0	0	0	0	0	0
Guatemala *	1246	0	93	107	1577	1036	49	0	0
Guyana	287	0	8	0.04	0	42	0	0	0
Haití *	390	0	3	0	78	0	0	0	0
Honduras *	1051	0	513	235	840	261	39	0	0
Jamaica	968	0	57	102	29	0	0	0	0
México	53614	1608	5149	6504	12612	2305	951	0	378
Nicaragua *	888	0	16	186	157	218	153	0	0
Panamá *	1819	0	213	270	1806	8	0	0	0
Paraguay *	1	0	0	0	8772	0	0	0	0
Perú *	8903	0	289	409	5417	183	0	0	0

País	Capacidad instalada (MW) 2020								
	Térmica no renovable	Nuclear	Renovable						
			Solar	Eólica	Hidráulica	Térmica	Geotérmica	Biogás	Biomasa
República Dominicana *	3710	0	187	370	623	30	0	0	0
Suriname	310	0	1	0	189	2	0	0	0
Trinidad y Tobago	2417	0	0	0	0	0	0	0	0
Uruguay*	1190	0	258	1514	1538	0	0	0	425
Venezuela	15359	0	3	50	14880	0	0	0	0

\* Países miembros de Renovables en Latinoamérica y el Caribe (RELAC).

Adaptado de OLADE (2021b)

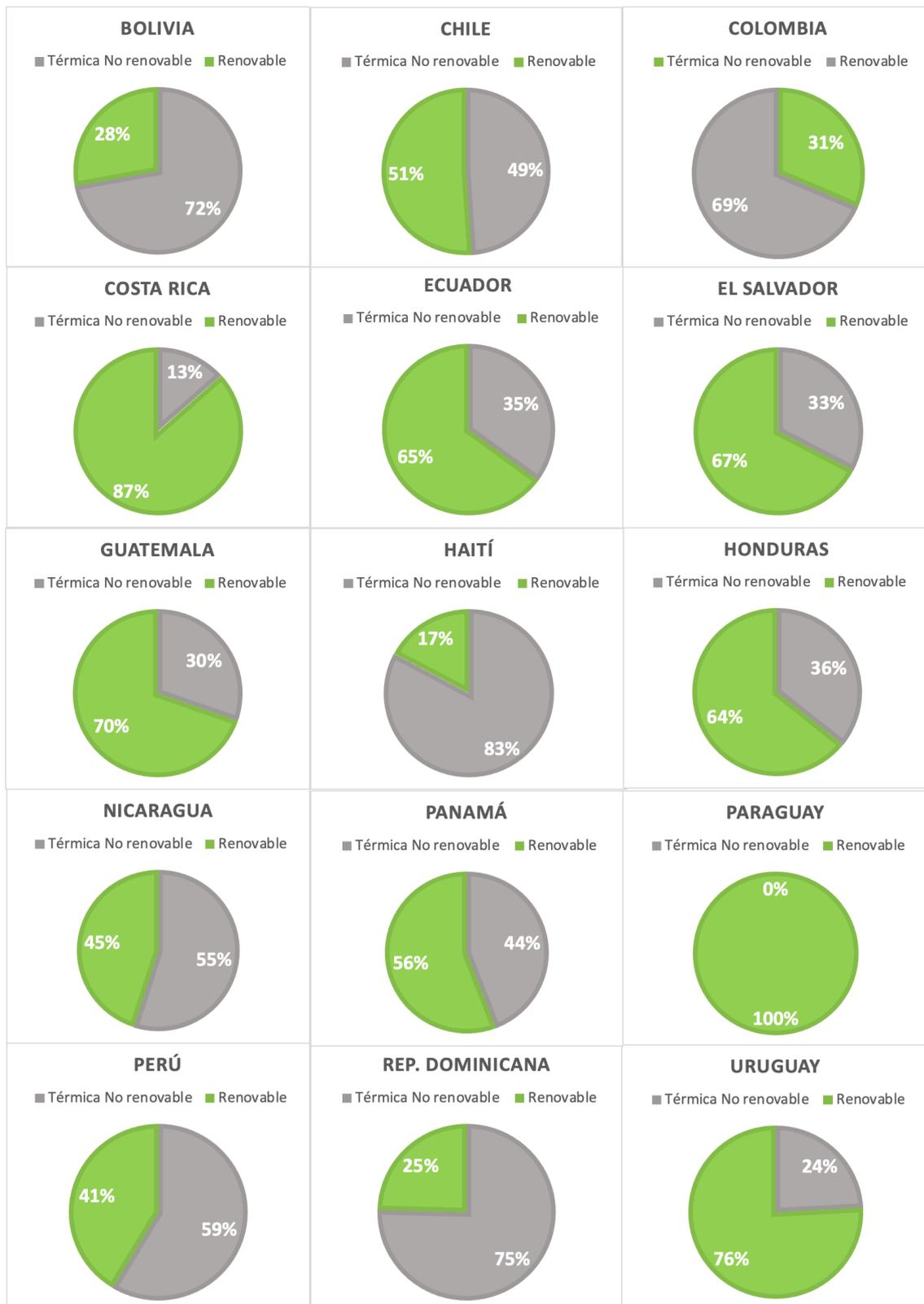
**Tabla 2.** Generación eléctrica por fuente (GWh) en los países de América Latina y el Caribe en el año 2020

País	Generación eléctrica por fuente (GWh) 2020								
	Térmica no renovable	Nuclear	Renovable						
			Solar	Eólica	Hidráulica	Térmica	Geotérmica	Biogás	Biomasa
Argentina	84759	10662	1344	9410	24215	725	0	0	0
Barbados	982	0	69	0	0	0	0	0	0
Belice	41	0	1	0	242	150	0	0	0
Bolivia *	6521	0	250	64	2942	260	0	0	0
Brasil	84275	14053	10750	57051	396327	58742	0	0	0
Chile *	40034	0	7615	5515	20632	3653	247	0	0
Colombia *	18560	0	191	10	49837	726	0	0	0
Costa Rica *	24	0	9	1459	8294	59	1689	0	0
Cuba	19530	0	161	100	112	570	0	0	0
Ecuador *	6329	0	38	77	24333	471	0	0	0
El Salvador *	889	0	900	14	2066	550	1450	26	0
Granada	219	0	4	0	0	0	0	0	0
Guatemala *	2766	0	221	313	5817	1730	274	0	0
Guyana	100	0	12	0.04	0	24	0	0	0
Haití *	970	0	1	0	88	0	0	0	0
Honduras *	4490	0	1044	707	2701	789	307	0	0
Jamaica	4227	0	124	280	136	0	0	0	0
México	225358	10864	13528	19702	26817	10903	4575	0	600
Nicaragua *	1147	0	26	550	574	733	767	0	0
Panamá *	2655	0	317	584	7349	30	0	0	0
Paraguay *	2	0	0	0	46371	0	0	0	0
Perú *	19101	0	778	1814	30506	535	0	0	0

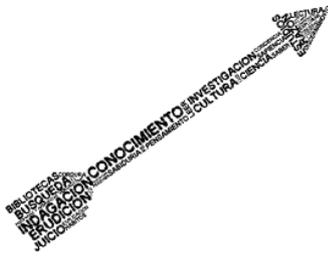
País	Generación eléctrica por fuente (GWh) 2020								
	Térmica no renovable	Nuclear	Renovable						
			Solar	Eólica	Hidráulica	Térmica	Geotérmica	Biogás	Biomasa
República Dominicana *	15776	0	305	1139	1245	168	0	0	0
Suriname	1252	0	9	0	1105	2	0	0	0
Trinidad y Tobago	9225	0	0	0	0	0	0	0	0
Uruguay *	825	0	462	5476	4094	0	0	0	2701
Venezuela	51035	0	5	88	81496	0	0	0	0

\* Países miembros de Renovables en Latinoamérica y el Caribe (RELAC ).

Adaptado de OLADE (2021b)



**Ilustración 1.** Capacidad energética instalada (MW) expresada en % de los países pertenecientes a la RELAC (Renovables en Latinoamérica y el Caribe).



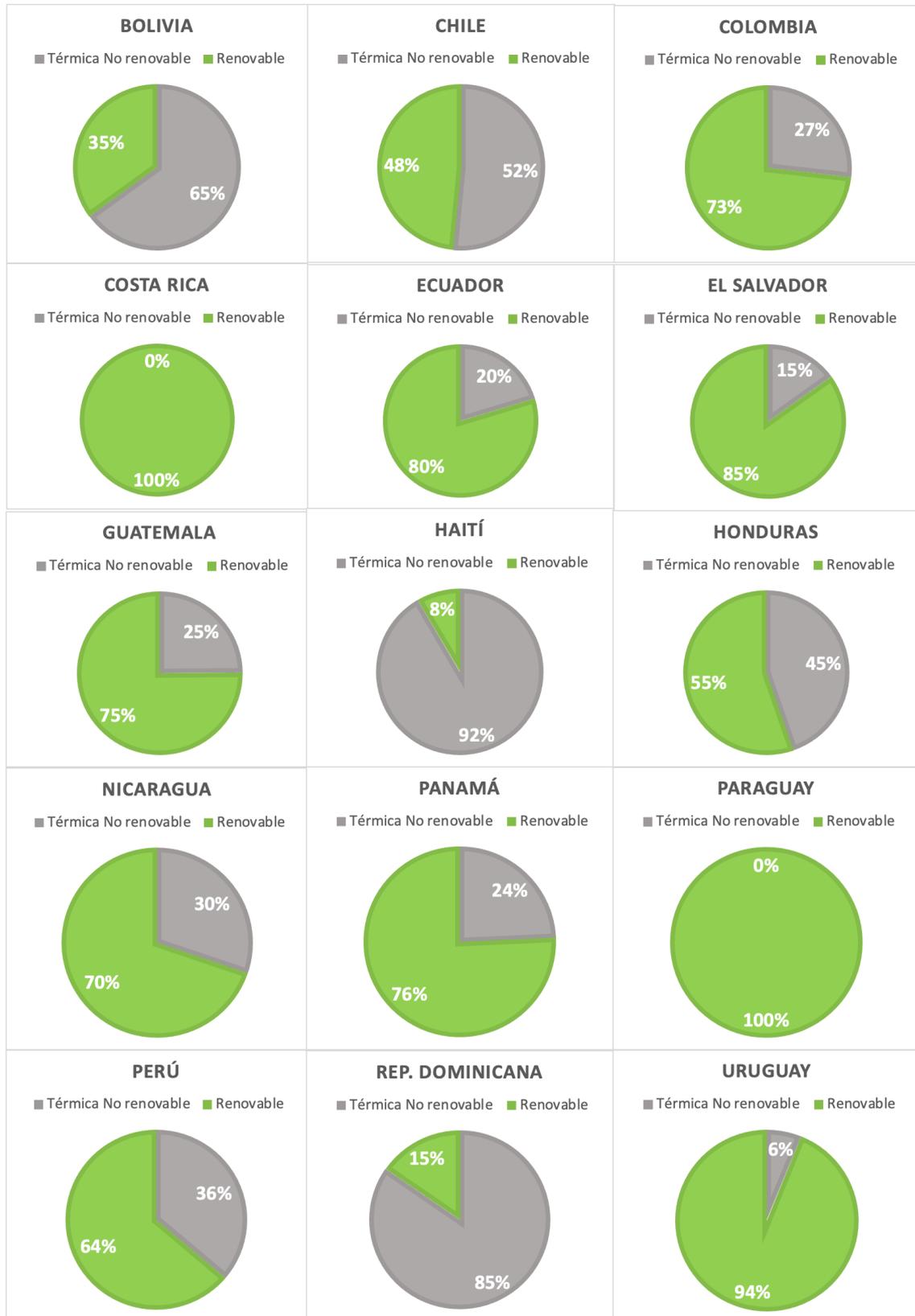
# LA SAETA UNIVERSITARIA

Académica y de Investigación  
Vol. 11 Núm. 2 (2022)



Adaptado de OLADE (2021b)





**Ilustración 2.** Generación eléctrica por fuente (GWh) expresada en % de los países pertenecientes a la RELAC (Renovables en Latinoamérica y el Caribe).

Adaptado de OLADE (2021b)

Un caso particular es el de las islas de Trinidad y Tobago, donde no poseen instalaciones de ninguna fuente renovable, ergo su matriz energética es absolutamente dependiente de fuentes térmicas no renovables. Es claro que este país tiene un largo camino por desarrollar en cuanto a la implementación y diversificación de su matriz energética en los próximos años. Granada presenta un caso homólogo al descrito previamente, sin embargo, presenta un ligero avance en instalación y generación de energía solar, pero que podría ser coherente con su desarrollo demográfico en la isla. Asimismo, El Salvador resalta también por ser el único país en la región ALC que reporta fuentes de biogás instaladas en dicho país.

Con respecto a la capacidad energética instalada, la Ilustración 1 describe porcentualmente la participación de fuentes térmicas no renovables (fósiles) y renovables de acuerdo con la realidad de cada país miembro de la agrupación internacional RELAC. En efecto, si bien cada una de las naciones presenta valores diferenciados en cada uno de estos ámbitos en términos absolutos (Tabla 1), existen aspectos resaltantes en cuanto a la contribución de fuentes renovables. En ese sentido, los países que presentan la mayor participación de fuentes renovables son Paraguay (mostrando plena instalación de fuentes de energía hidráulica), Costa Rica, Uruguay y Guatemala. Caso contrario ocurre con Haití, República Dominicana y Bolivia, los cuales presentan una supremacía de participación de fuentes no renovables con 83 %, 75 % y 72 % respectivamente. De forma similar, tanto en Haití como en Surinam, países no miembros de la RELAC, la principal fuente renovable es la hidráulica. A diferencia de Paraguay, el cual es plenamente dependiente de la energía hidráulica, estos estados enfocan su consumo energético principalmente en tanto en fuentes fósiles como hidráulicas.

Por otro lado, similares patrones se observan en cuanto a la fuente de generación eléctrica en cada uno de los países miembros (Ilustración 2). Países como Paraguay y Costa Rica destacan notablemente contando con una generación eléctrica exclusivamente proveniente de fuentes renovables. Asimismo, países como Guatemala y Colombia generan alrededor del 75 % de su energía eléctrica a partir de fuentes renovables, mientras que otros como Chile y Honduras expresan una proporción equitativa entre fuentes renovables y no renovables. De esta manera, es posible identificar una dependencia

predominante de fuentes fósiles en los países insulares vecinos de Haití y República Dominicana, expresando cifras de 92 % y 85 % respectivamente.

La planificación de la transición energética es un proceso complejo en el que deben intervenir varios sectores del gobierno, con un presupuesto definido y marco regulatorio robusto y apropiado que lleve a cada país a cumplir sus objetivos trazados. Este proceso incluye varias etapas, desde la planificación inicial hasta la instalación, pasando por conocer las ventajas y desventajas de cada tipo de energía, así como las oportunidades, fortalezas, debilidades y amenazas de cada país (OLADE, 2021a). A la fecha es posible afirmar que el 40 % de los países miembros de la RELAC superan la meta definida al 70 % de participación de energías renovables dentro de su matriz energética. Estos países son: Ecuador, Paraguay, Guatemala, Colombia, Costa Rica y Uruguay. Finalmente, Perú aparece como un potencial candidato a alcanzar la meta establecida, dado que al año 2021 cuenta con un 64 % de avance.

Actualmente la mayoría de los países cuentan con una ley o un proyecto de ley sobre eficiencia energética, que incluyen diagnósticos, planes, implementación, proyección y acciones de futuro. Sin embargo, no todas cuentan con mecanismos de control, monitoreo y fiscalización, por lo que urge que algunos países revisen sus documentos legales para lograr el objetivo de avanzar con seguridad hacia la eficiencia energética (OLADE, 2021a). Un buen ejemplo es el de Uruguay y Argentina, que con sus respectivos Ministerios de Energías e instituciones anexas tienen un plan en marcha sobre eficiencia energética a 15 años, con revisiones periódicas cada 5 años.

Existen notables diferencias entre los desempeños de los países de la región, reflejados tanto a nivel de capacidad instalada como de uso, atribuidos al estatus de desarrollo de cada uno de ellos. Por ejemplo, México, Brasil o Argentina, países miembros del G20, representan el 60.4 % de la capacidad instalada de energía térmica no renovable y el 70.3 % de la capacidad instalada de energías renovables en la región (Tabla 1), de la cual solamente Brasil contribuye 54.7 %. Asimismo, son precisamente los únicos países que cuentan con capacidad instalada y uso de energía nuclear. Mientras tanto, los 15 países miembros de la RELAC agrupan el 25.1 % de la capacidad instalada de fuentes de energía no renovable y 23.5 % de la renovable (Tabla 1). Estados como Paraguay, Uruguay, Costa Rica, Guatemala y otros países insulares del Caribe presentan una capacidad instalada de energía no renovable que es no representativa a nivel de la región,

sin embargo, sus capacidades instaladas a nivel país es alta (70 a 100%; Ilustración 1), esto se debería a factores sociales y gubernamentales que contribuyen a que estas condiciones se ajusten a la realidad de cada uno de estos países favorablemente, a pesar de no contribuir de forma significativa a las cifras regionales.

Debido a las diferencias marcadas entre países, no todos presentan incentivos por el uso de energías renovables. Según OLADE (2021b), solo Brasil, Colombia y Nicaragua reportan reglas claras de los incentivos por el uso de algunas fuentes limpias. En el caso de Brasil, se formalizó el Sello de Biocombustible Social para tarifas diferenciadas en el uso de biodiésel para los consumidores, mientras que, para los productores, se les proporcionan materias primas y capacitaciones para la producción del biocombustible. En el caso de Colombia se promueve la participación de la población para llevar a cabo proyectos de generación de energía a partir de fuentes renovables priorizando los proyectos en zonas rurales. Por último, Nicaragua aprobó la reducción de tarifas al consumidor al uso de energía eléctrica de fuentes renovables, tanto a nivel de consumo como a nivel de instalación.

Una forma de colaboración a nivel energético es la integración energética, que según Oxilia (2009), esta terminología debe ser interpretada como un proceso que involucra al menos a dos países a planificar, coordinar y establecer finalmente el comercio internacional de energía. Por tanto, es un proceso a largo plazo que involucra instalaciones, infraestructura, administración y procesos operacionales de colaboración.

ALC ha logrado avances en integración energética, principalmente de energía eléctrica. Estas interconexiones han sido posible bajo estrategias de integración regional, algunas en respuesta a los esfuerzos de los gobiernos de los países involucrados, y otras como producto del sector privado. Este avance no es lineal en el tiempo y los beneficios de la integración eléctrica están muy por debajo del potencial que ofrece ALC (Levy, Tejeda y Di Chiara, 2019). Las integraciones de energéticas del 2018 en América Latina se detallan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Detalle de integración energética (2018)

Origen	Destino	Cantidad exportada (GWh)	Valor comercial (millones de dolares)
Paraguay	Brasil	32455	1642
	Argentina	9230	467
Uruguay	Brasil	877	61
	Argentina	212	6
Ecuador	Colombia	233	6
	Perú	5	0
Colombia	Ecuador	115	5
	Perú	1	0
Chile	Argentina	11	1
El Salvador	Costa Rica	10	1
	Panamá	4	0
	Guatemala	1	0
	Nicaragua	0	0

Fuente: Hub de Energía - América Latina y el Caribe (2018)

Según OLADE (2021b), para obtener un 70% de participación de energía renovables en ALC se requiere sumar aproximadamente 150000 MW adicionales en un plazo de 10 años. Esta cantidad es casi el 100% de la capacidad actual de Brasil, el 18% de México y el 10 % de Argentina. Sin embargo, en un escenario de integración energética llevarían a la reducción del incremento futuro de la capacidad instalada. Esta reducción traería beneficios como menores impactos geográficos y socioambientales, debido a la optimización de los recursos, por lo que se reduciría la emisión de GEI (Santos, 2021).

Con los datos mostrados en las tablas e ilustraciones de esta revisión, se puede observar que la región de ALC tiene un gran potencial para aumentar el uso de energías verdes, así como capacidad a futuro para convertirse en un *hub* global de energías renovables. En este caso, el sólido apoyo de Brasil, que es una potencia en energías renovables, jugará un papel importante con respecto a la integración de dichas energías en ALC, ya que de momento es el país que tiene la mayor capacidad para abastecerse a sí mismo y potencial de suministro a otros países (Viviescas et al., 2019).

## 4. Conclusiones

América Latina y el Caribe es una región que, a pesar de encontrarse en vías de desarrollo, cuenta con una importante cantidad de recursos para la producción de energías alternativas. El análisis del uso de energías renovables en la región muestra que alrededor del 60 % de la energía eléctrica generada se obtiene a partir de energías renovables, principalmente de la energía hidráulica, seguida por la energía eólica, la energía térmica, la energía solar, y en menor medida de la biomasa y el biogás. A pesar del gran potencial presentado, hoy en día, millones de latinoamericanos no tienen acceso a electricidad, por lo que es un problema que se debe solucionar a la brevedad. La mayoría de los países de ALC se encuentran en vías de desarrollo y es un territorio muy sensible a los impactos negativos del calentamiento global, por lo que continuar con el uso de los combustibles convencionales no es la mejor opción. Dicho esto, la región debe alcanzar en un futuro no muy lejano la independencia de los combustibles fósiles, por lo que es obligatorio aumentar la producción de las diversas energías renovables existentes que reducen la emisión de gases de efecto invernadero, permiten el crecimiento y desarrollo del sector y la generación de empleo. Para ello será imprescindible el apoyo de las empresas privadas y los estados. Finalmente, ALC cuenta con una gran cantidad de recursos con un enorme potencial para tomar la oportunidad de liderar la transición energética a nivel mundial.

## 6. Referencias

- Acheampong, A. O., Erdiaw-Kwasie, M. O., & Abunyewah, M. (2021). Does energy accessibility improve human development? Evidence from energy-poor regions. *Energy Economics*, 96, 105165.
- Agencia Andaluza de la Energía. (2011). *Informe Anual*. Retrieved from [https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/recursos\\_geotermicos\\_de\\_andalucia\\_0.pdf](https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/recursos_geotermicos_de_andalucia_0.pdf)
- Angelini, L. G., Ceccarini, L., o Di Nasso, N. N., & Bonari, E. (2009). Comparison of *Arundo donax* L. and *Miscanthus x giganteus* in a long-term field experiment in Central Italy: Analysis of productive characteristics and energy balance. *Biomass and Bioenergy*, 33(4), 635-643.
- Aruga, K., Islam, M. M., & Jannat, A. (2021). Does Staying at Home during the COVID-19 Pandemic Help Reduce CO2 Emissions? *Sustainability*, 13(15), 8534.
- Barbier, E. (2002). Geothermal energy technology and current status: an overview. *Renewable and sustainable energy reviews*, 6(1-2), 3-65.
- Bilgili, M., Yasar, A., & Simsek, E. (2011). Offshore wind power development in Europe and its comparison with onshore counterpart. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(2), 905-915.

- Chikaire, J., Nnadi, F., Nwakwasi, R., Anyoha, N., Aja, O., Onoh, P., & Nwachukwu, C. (2010). Solar energy applications for agriculture. *Journal of Agricultural and Veterinary Sciences*, 2, 58-62.
- Climate Center. (2021). *Country Level Climate Factsheet of Ukraine*. Retrieved from Convención Marco sobre el Cambio Climático. (2015). *Acuerdo de París sobre el Cambio Climático*. Retrieved from <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/10a01s.pdf>
- Dickson, M. H., & Fanelli, M. (2013). *Geothermal energy: utilization and technology*: Routledge.
- Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Kadner, S., Zwickel, T., . . . von Stechow, C. (2011). *Renewable energy sources and climate change mitigation: Special report of the intergovernmental panel on climate change*: Cambridge University Press.
- García, J. O., Gago, E. J., Bayo, J. A., & Montes, G. M. (2007). The use of solar energy in the buildings construction sector in Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(9), 2166-2178.
- Hernández, Q., Manzano, F., & Zapata, A. (2010). The wind power of Mexico. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 2830-2840.
- Höök, M., & Tang, X. (2013). Depletion of fossil fuels and anthropogenic climate change—A review. *Energy policy*, 52, 797-809.
- Hub de Energía. America Latina y el Caribe. (2018). <https://hubenergia.org/es/indicadores/comercio-de-electricidad-regional#>
- IPCC. (2007). *Intergovernmental Panel on Climate Change: Fourth Assessment Report*. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar4/>
- IRENA. (2019). *El Futuro de la Energía Solar Fotovoltaica*. Retrieved from [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA\\_Future\\_of\\_Solar\\_PV\\_summary\\_2019\\_ES.pdf?la=en&hash=DE82F7DC53286F720D8E534A2142C2B8D510FB0B](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_summary_2019_ES.pdf?la=en&hash=DE82F7DC53286F720D8E534A2142C2B8D510FB0B)
- Kannan, N., & Vakeesan, D. (2016). Solar energy for future world:-A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1092-1105.
- Kaygusuz, K. (2002). Sustainable development of hydroelectric power. *Energy sources*, 24(9), 803-815.
- Koengkan, M., Poveda, Y. E., & Fuinhas, J. A. (2020). Globalisation as a motor of renewable energy development in Latin America countries. *GeoJournal*, 85(6), 1591-1602.
- Levy, A., Tejada, J. & Di Chiara, L. (2019). Integración eléctrica regional: Oportunidades y retos que enfrentan los países de América Latina y el Caribe (monografía del BID).
- Lewandowski, I., Scurlock, J. M., Lindvall, E., & Christou, M. (2003). The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy*, 25(4), 335-361.
- Manzella, A., Bonciani, R., Allansdottir, A., Botteghi, S., Donato, A., Giamberini, S., . . . Scrocca, D. (2018). Environmental and social aspects of geothermal energy in Italy. *Geothermics*, 72, 232-248.
- Maradin, D. (2021). Advantages and disadvantages of renewable energy sources utilization. *670216917*.

- Margalef, R. (1980). *La biosfera entre la termodinámica y el juego*.
- Marín, C. E., & Marín, R. G. (2010). Agua y energía: producción hidroeléctrica en España. *Investigaciones Geográficas*(51), 107-129.
- Mbah, R. E., & Wasum, D. F. (2022). Russian-Ukraine 2022 War: A review of the economic impact of Russian-Ukraine crisis on the USA, UK, Canada, and Europe. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 9(3), 144-153.
- Offermann, R., Seidenberger, T., Thrän, D., Kaltschmitt, M., Zinoviev, S., & Miertus, S. (2011). Assessment of global bioenergy potentials. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 16(1), 103-115.
- OLADE. (2021a). *Leyes de Eficiencia Energética en Latinoamérica y el Caribe*. Retrieved from
- OLADE. (2021b). Panorama Energético de América Latina y el Caribe. In: Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) Ecuador.
- Osorio, J. (2008). Energía hidroeléctrica. 139.
- Osorio, J. (2016). Energía hidroeléctrica: Serie Energías renovables. 139.
- Oxilia, V.E. (2009). Raízes Socioeconômicas da Integraçã o Energé tica na Amé rica do Sul: an alise dos projetos Itaipu Binacional Gasbol e Gasander PhD thesis PPGE/USP, Sao Paulo.  
<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-16082010-184420/pt-br.php>
- Pandey, A., Kumar, R. R., Kalidasan, B., Laghari, I. A., Samykano, M., Kothari, R., . . . Tyagi, V. (2021). Utilization of solar energy for wastewater treatment: Challenges and progressive research trends. *Journal of Environmental Management*, 297, 113300.
- Paredes, J. R. (2017). *La Red del Futuro: Desarrollo de una red eléctrica limpia y sostenible para América Latina*: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Pearce, W., Holmberg, K., Hellsten, I., & Nerlich, B. (2014). Climate change on Twitter: Topics, communities and conversations about the 2013 IPCC Working Group 1 report. *PloS one*, 9(4), e94785.
- Plá, J., Perez, M., & Durán, J. C. (2016). Energía solar fotovoltaica. *Energia solar*, 2-38.
- Rawtani, D., Gupta, G., Khatri, N., Rao, P. K., & Hussain, C. M. (2022). Environmental damages due to war in Ukraine: A perspective. *Science of the Total Environment*, 850, 157932.
- Santos, T. (2021). Regional energy security goes South: Examining energy integration in South America . *Energy Research & Social Science*, (), -. doi:10.1016/j.erss.2021.102050
- Sieminski, A. (2014). International energy outlook. *Energy information administration (EIA)*, 18, 2.
- Sikorsky, E., Barron, E., & Hugh, B. (2022). *Climate, Ecological Security and the Ukraine Crisis: Four Issues to Consider*. Retrieved from
- Silva, N., Fuinhas, J. A., & Koengkan, M. (2021). Assessing the advancement of new renewable energy sources in Latin American and Caribbean countries. *Energy*, 237, 121611.
- The European Parliament. (2018). *Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources*. Retrieved from
- Viviescas, C., Lima, L., Diuana, F. A., Vasquez, E., Ludovique, C., Silva, G. N., . . . Lucena, A. F. (2019). Contribution of Variable Renewable Energy to increase

energy security in Latin America: Complementarity and climate change impacts on wind and solar resources. *Renewable and sustainable energy reviews*, 113, 109232.

Washburn, C., & Pablo-Romero, M. (2019). Measures to promote renewable energies for electricity generation in Latin American countries. *Energy policy*, 128, 212-222.

Zanoletti, A., Cornelio, A., & Bontempi, E. (2021). A post-pandemic sustainable scenario: What actions can be pursued to increase the raw materials availability? *Environmental Research*, 202, 111681.

Zidanšek, A., Blinc, R., Jeglič, A., Kabashi, S., Bekteshi, S., & Šlaus, I. (2009). Climate changes, biofuels and the sustainable future. *international journal of hydrogen energy*, 34(16), 6980-6983.