

# enerLAC

Revista de  
Energía de  
Latinoamérica  
y el Caribe

Contribuciones  
Nacionales  
Determinadas


Quema y Venteo  
de GN Asociado

Interconexiones  
Energéticas

Integración  
Regional

Electrificación  
Rural

Smart  
Grids



Fotografía de la portada Hidroeléctrica La Miel I, Colombia (ISAGEN).

© Copyright Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) 2017. Todos los derechos reservados.

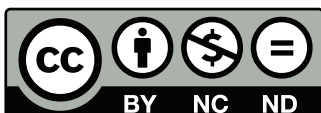
www.olade.org  
enerlac@olade.org  
(+593 2) 2598-122 / 2598-280 / 2597-995 / 2599-489  
Quito, Ecuador

### **Selección de Artículos**

OLADE realizó en el mes de septiembre y octubre de 2016 dos concursos para artículos técnicos en Integración con Energías Renovables y de Hidrocarburos respectivamente. Las instrucciones para los autores sobre la presentación formal de los artículos, normas de citas, referencias bibliográficas y originalidad de los mismos se encuentran en los siguientes enlaces:

<http://www.olade.org/concurso-integracion/>

<http://www.olade.org/concurso-hidrocarburos>



## **COMITÉ EDITORIAL**

Alfonso Blanco  
SECRETARIO EJECUTIVO

Andrés Schuschny  
DIRECTOR DE ESTUDIOS, PROYECTOS E INFORMACIÓN

*Pablo Garcés*  
ASESOR TÉCNICO

*Martha Vides L.*  
ESPECIALISTA PRINCIPAL DE HIDROCARBUROS

*Alexandra Arias*  
ESPECIALISTA PRINCIPAL DE ELECTRICIDAD

*Blanca Guanocunga*  
BIBLIOTECARIA

## **COORDINADOR@S DE LA EDICIÓN**

*Alfonso Blanco*  
DIRECTOR

*Pablo Garcés*  
EDITOR

*Andrés Schuschny, Martha Vides L.*  
REVISORES

*Las ideas expresadas en este documento son responsabilidad de los autores y no comprometen a las organizaciones mencionadas.*

## **DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN**

*Ana María Arroyo*  
CONSULTORA DE DISEÑO GRÁFICO

## **COLABORADORES:**

*Irene Alfaro*, Directora de Downstream ARPEL y *Ricardo Buyatti*, Gerente de Downstream ARPEL, miembros del jurado calificador del Concurso de Artículos Técnicos de la Red de Hidrocarburos 2016-2017: "Venteo y quema de gas asociado al petróleo en América Latina y el Caribe".

*Tabaré A. Currás*, Regional Director Sustainable Energy Policy | WWF Latin America & the Caribbean, miembro del jurado calificador del Concurso de Artículos Técnicos de la Red de Integración 2016-2017: "Intégrate con Renovables".

*Marysol Materán*, Consultora de Investigación

Esta revista es apoyada por la  
Cooperación Canadiense.



Global Affairs  
Canada

Affaires mondiales  
Canada

# ANÁLISIS DE INTEGRACIÓN REGIONAL CON FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (ALC)

Yecid A. Muñoz Maldonado<sup>1</sup>, Ronald F. Güiza Pineda<sup>2</sup>, Samuel S. Salazar Blanco<sup>3</sup>

Recibido: 23/ene/2017 y Aceptado: 15/may/2017  
ENERLAC. Volumen I. Número 1. Octubre, 2017 (106-125).



## RESUMEN

La región de Latinoamérica y el Caribe cuenta con un vasto potencial en cuanto a fuentes de energía renovable se refiere, que hasta el día de hoy ha sido pobremente aprovechado. A este hecho se le pueden atribuir varias causas, una de estas, es la falta de recorrido en su implementación, por parte de los miembros de la región y la poca disponibilidad de recursos financieros para desarrollar proyectos; la integración energética puede ser una solución a estas barreras, ya que puede disminuir los costos en grandes proyectos con fuentes renovables y aprovecharse como punto significativo en la transferencia de conocimiento, acelerar los avances tecnológicos de la región, ofrecer una mayor confiabilidad del sector eléctrico y aportar en la generación de empleos.

Este artículo ha analizado la complementariedad del sistema de generación de la región por medio de fuentes renovables no convencionales, y las barreras que estas puedan tener en su desarrollo para lograr la integración energética de ALC; el análisis muestra factores del entorno que determinan la participación de las renovables en la matriz energética de cada país, siendo fundamental el político, ya que por medio de leyes e incentivos se puede influenciar en alto grado la implementación de las tecnologías limpias.

<sup>1</sup> PhD Energy Technology, Docente-Investigador en la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia.  
[ymunoz294@unab.edu.co](mailto:ymunoz294@unab.edu.co)

<sup>2</sup> Ing(c) en Energía, Investigador en la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia.  
[rguiza787@unab.edu.co](mailto:rguiza787@unab.edu.co)

<sup>3</sup> Ing(c) en Energía, Investigador en la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia.  
[ssalazar90@unab.edu.co](mailto:ssalazar90@unab.edu.co)

Se ha determinado el estado actual del potencial instalado de las energías renovables en Latinoamérica y el Caribe, para posteriormente analizar el potencial renovable disponible, y su capacidad de cubrir la demanda eléctrica de la región. Se ha revisado la matriz energética regional, y analizado de qué forma las energías limpias pueden aumentar su participación en la canasta eléctrica mediante proyecciones de demanda y oferta; todo esto con el objetivo de examinar oportunidades que influyan en el aumento de la contribución de las energías renovables en Latinoamérica y el Caribe, determinando oportunidades de integración regional, para la generación energética sostenible.

La integración regional es una clara manera de aportar a la sostenibilidad de proyectos de suministro energético renovable. Actualmente, en la región existen casos donde se comparte un potencial energético por varios países y que puede ser utilizado para la generación eléctrica, igualmente interconexiones disponibles para su aprovechamiento conjunto, este tipo de proyectos de integración, ofrecen ventajas, como la reducción de costos por economía a escala, el complemento de disponibilidad de recursos energéticos en los países, mitigación de la sensibilidad a los efectos de fenómenos climáticos y del agotamiento de recursos energéticos de tipo fósil, ofreciendo mayor sostenibilidad energética, ambiental y social. De igual manera, facilita avanzar con paso rápido y firme, gracias a la suma de experiencias de los países integrados, las cuales se pueden compartir y capitalizar sinergias por medio del potenciamiento del observatorio de energía renovable de ALC.

Para conseguir los objetivos de integración energética renovable, es necesario buscar la armonía en los mercados, pasar de modelos bilaterales, y llegar a uno multilateral centralizado donde se comparta una red regional con participación de los operadores de todos los países, igualmente, se propone la integración de los entes referentes como el SIEPAC, CAN y MERCOSUR.

**Palabras Clave:** Integración Energética, Energías Renovables, Seguridad Energética, América Latina.

#### **ABSTRACT**

*The Latin America and the Caribbean region has a vast untapped potential of renewable energy sources. This fact can be attributed to several causes; one of them is the lack of implementation by the members of the region and the little availability of financial resources to develop such projects. Energy integration can be a solution to these barriers as it can reduce costs in large projects with renewable sources and to avail, in a significant way, of the knowledge transfer, accelerate technological advances in the region, provide greater reliability of the electricity sector and contribute to job creation.*

*This article has analyzed the complementarity of the region's generation system through non-conventional renewable sources, and the barriers that these may overcome in its development to achieve the energy integration of the region; the analysis shows surroundings factors that determine the participation of renewables in the energy matrix of each country, where is fundamental the political factor, because laws and incentives can greatly influence the implementation of clean technologies.*

*The current status of the installed potential of the renewable energies in Latin America and the Caribbean has been determined, in order to analyze the renewable potential available and its capacity to cover the region's electricity demand. The regional energy matrix has reviewed and analyzed how clean energy can increase its participation in the electricity mix through projections of demand and supply. All the above, with the objective of examining opportunities that influence the increase of the contribution of the renewable energies in Latin America and the Caribbean, determining opportunities of regional integration for the sustainable energy generation.*

*Regional integration is a clear way to contribute to the sustainability of renewable energy supply projects. Nowadays, there are cases in the region where an energy potential is shared by several countries and can be used for electricity generation. There are also interconnections available for cooperative use, such integration projects that offer advantages such as cost reduction by economies of scale, complementing the availability of energy resources in the countries. These can also mitigate the sensitivity to the effects of climate change and the depletion of fossil energy resources, offering greater energy, environmental and social sustainability. Likewise, it facilitates the progress at a fast and steady pace, thanks to the sum of experiences of the integrated countries, which can be shared and capitalized through the enhancement of the regional renewable energy observatory.*

*In order to achieve the renewable energy integration objectives, it is necessary to seek harmony in the markets, shift from bilateral models, and reach a centralized multilateral structure, where a regional network is shared with operators from all the countries. It also proposes the integration of the relevant entities such as SIEPAC, CAN, and MERCOSUR.*

**Keywords:** *Energy Integration, Renewable Energies, Energy Security, Latin America.*

**La integración energética se caracterizó por acuerdos bilaterales para resolver al mismo tiempo problemas de límites y de poder relativo entre las naciones**

## INTRODUCCIÓN

Latino América y el Caribe (ALC) cuentan con un gran potencial para la implementación de generadoras eléctricas a partir de fuentes renovables, la fuente mayormente aprovechada corresponde al recurso hidráulico con una capacidad instalada de 171.054 MW al 2015, esto indica que se está aprovechando solo el 26% de dicho potencial<sup>1</sup>.

En los últimos años, algunos países de la región han sufrido crisis energéticas debido a la dependencia de una o muy pocas fuentes de energía para suplir la demanda eléctrica local. Uno de los casos se presentó en Colombia a principios del 2016, donde por causa del fenómeno de El Niño varias hidroeléctricas sufrieron afectaciones de su capacidad, ocasionadas por los bajos niveles en los embalses, llevando el promedio a disponibilidades de solo un 25%, siendo los más graves los del Valle del Cauca que bordearon el 21% (Clavijo, 2016), por otra parte los problemas financieros de las plantas térmicas impidieron que estas respaldaran de forma eficaz el sistema eléctrico del país (Periódico Semana, 27 de febrero de 2016); otra crisis energética se vivió en Venezuela por la misma época, en la cual el país afrontó un apagón general y racionamiento de energía eléctrica, afectando a los sectores residencial, comercial e industrial (Campillo, 27 de abril de 2016), dicha crisis fue causada por la escasa planificación, y el detonante fue, como en el caso de Colombia el fenómeno de El Niño y a falta de diversificación de la matriz energética.

Por otra parte, es importante resaltar que la integración con energías renovables constituye una base sólida para el desarrollo energético de la región, además de que fortalece el sistema eléctrico en términos de generación de energía firme, evitando situaciones de crisis energética o incapacidad de atender la demanda. Respecto a los aspectos ambientales y económicos, se hace

<sup>1</sup> Según datos del SIER-OLADE.

imperativa la participación de fuentes de energía renovable disponibles en cada subregión, con el objetivo de constituir un sistema más confiable, de bajo costo y con impactos ambientales negativos menos perjudiciales que los involucrados en la generación convencional. De esta manera, antes de proponer estrategias de integración energética se deben considerar los impactos que estas ocasionaran en los aspectos: social, político, económico y ambiental.

Este informe presenta el estado actual de la participación de las energías renovables en la matriz eléctrica de ALC, con el fin de realizar una proyección de participación de estas fuentes al año 2030, conociendo el potencial de disponible en la región; posteriormente, se profundiza en el tema de la integración energética, analizando la situación actual, las oportunidades de desarrollo y las estrategias políticas para el alcance de las metas energéticas de la región.

### SITUACIÓN ACTUAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

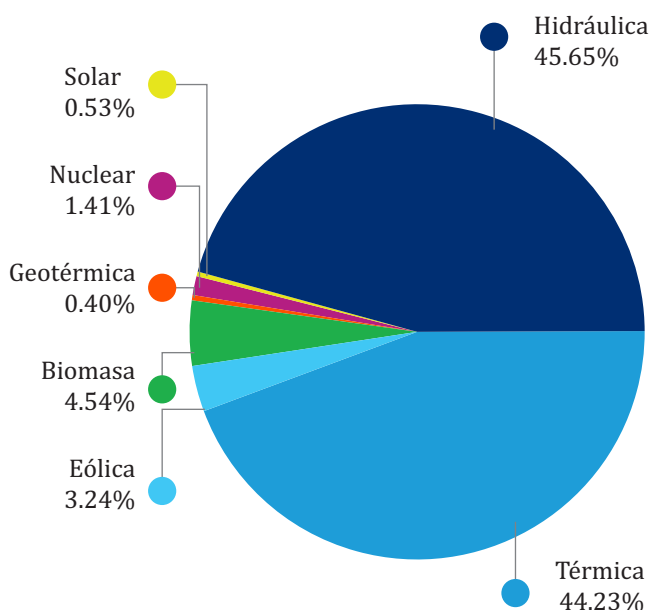
El estado actual de las energías renovables y su implementación como fuentes para generación eléctrica en América Latina y el Caribe (ALC) al 2016 no es muy diferente de los años inmediatamente anteriores. Para el año 2015 la región contaba con un aporte incipiente a la matriz de energía eléctrica en lo referente a energías renovables no convencionales, como la energía eólica, solar, geotérmica y la proveniente de biomasa, las cuales aportan un 8,71% a la matriz eléctrica regional. A pesar de ello, se resalta la amplia participación por parte de la capacidad instalada de centrales hidroeléctricas con un aporte del 45,65%; es notable la gran dependencia de los recursos fósiles como fuente de energía con aporte del 44,23%.

#### Matriz de energía eléctrica en ALC

A finales de 2015, la región de ALC contaba con un total de 171.381 MW de capacidad hidroeléctrica,

12.175 MW de eólica, 1.983 MW de solar, 17.061 MW provenientes de biomasa, 1.499 MW de geotérmica y 5.280 MW asociados a energía nuclear (Ver figura 1).

Figura 1. Matriz de energía eléctrica de Latino América y el Caribe a 2015<sup>2</sup>.



Fuente: Elaboración de autores. Según datos OLADE e informes de cada país<sup>3</sup>.

Brasil es el país líder en la región en términos de capacidad instalada de energías renovables y no convencionales, actualmente cuenta con la mayor infraestructura en energía hidráulica, eólica, de biomasa y nuclear, con capacidades instaladas de 91.650 MW, 7.633 MW, 13.257 MW

2 **Nota:** Para la elaboración de la matriz eléctrica se tuvieron en cuenta todos los países pertenecientes a ALyC.

3 Argentina (CNEA, 2015), Bolivia (Ministerio de Hidrocarburos y Energía, 2015), Brasil (Ministério de Minas e Energia, 2015), Chile (CNE, 2016), Colombia (UPME, 2015), Costa Rica (Instituto Costarricense de Electricidad, 2015), Ecuador (MEER, 2015), El Salvador (SIGET, 2016), Guatemala (REN21, 2016), Honduras (ENEE, 2015), México (SENER, 2016), Nicaragua (Ministerio de Energía y Minas, 2015), Perú (Ministerio de Energía y Minas, 2016), Uruguay (MIEM, 2016).

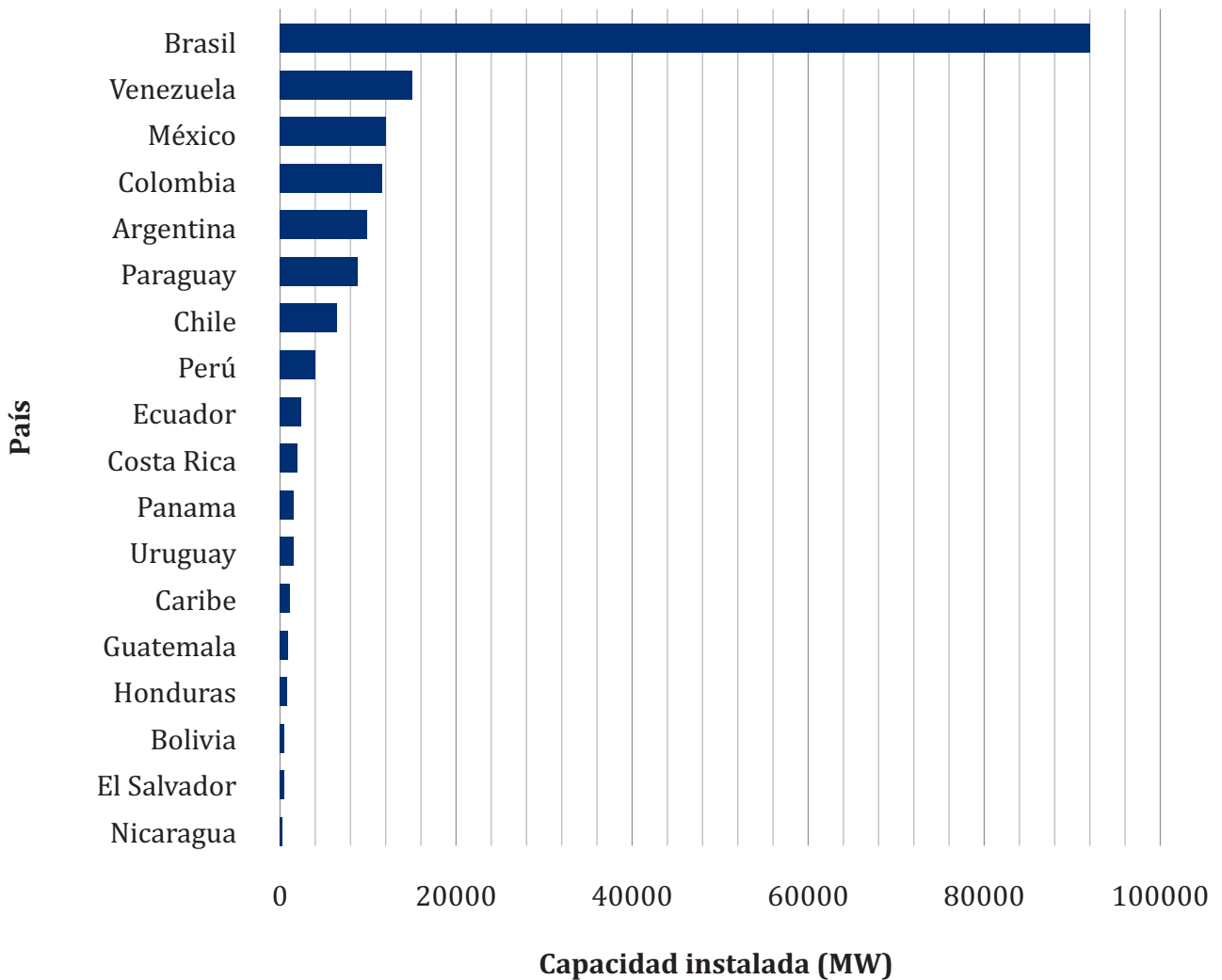


y 2.007 MW respectivamente para finales del año 2015. El top 5 de países con capacidad instalada de hidroeléctricas está conformado por Brasil, Venezuela, México, Colombia y Argentina, los cuales representan el 81,91% de la infraestructura de toda la región.

Asimismo, Chile es el país con mayor capacidad instalada de energía solar con 1.052 MW y México es líder en energía geotérmica con 874

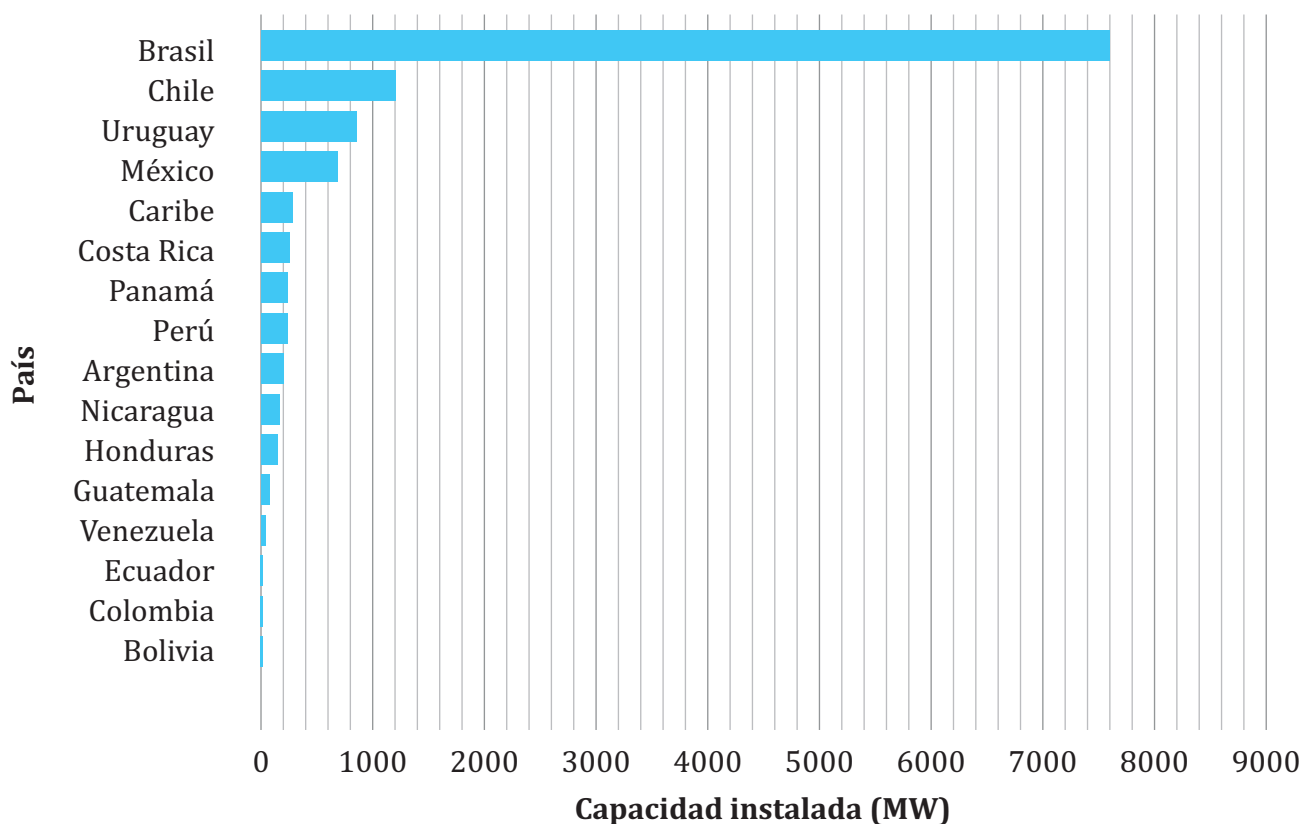
MW instalados. En las siguientes graficas se muestra el estado actual de capacidad instalada de la región de ALC por cada tipo de tecnología de generación de electricidad a partir de fuentes renovables (Ver Figuras 2, 3, 4, 5 y 6). Solo Brasil, Argentina y México cuentan con centrales de generación nuclear en la región de ALC, con capacidades instaladas de 2007 MW, 1763 MW y 1510 MW (Figura7).

Figura 2. Capacidad instalada por país de energía hidráulica a 2015.



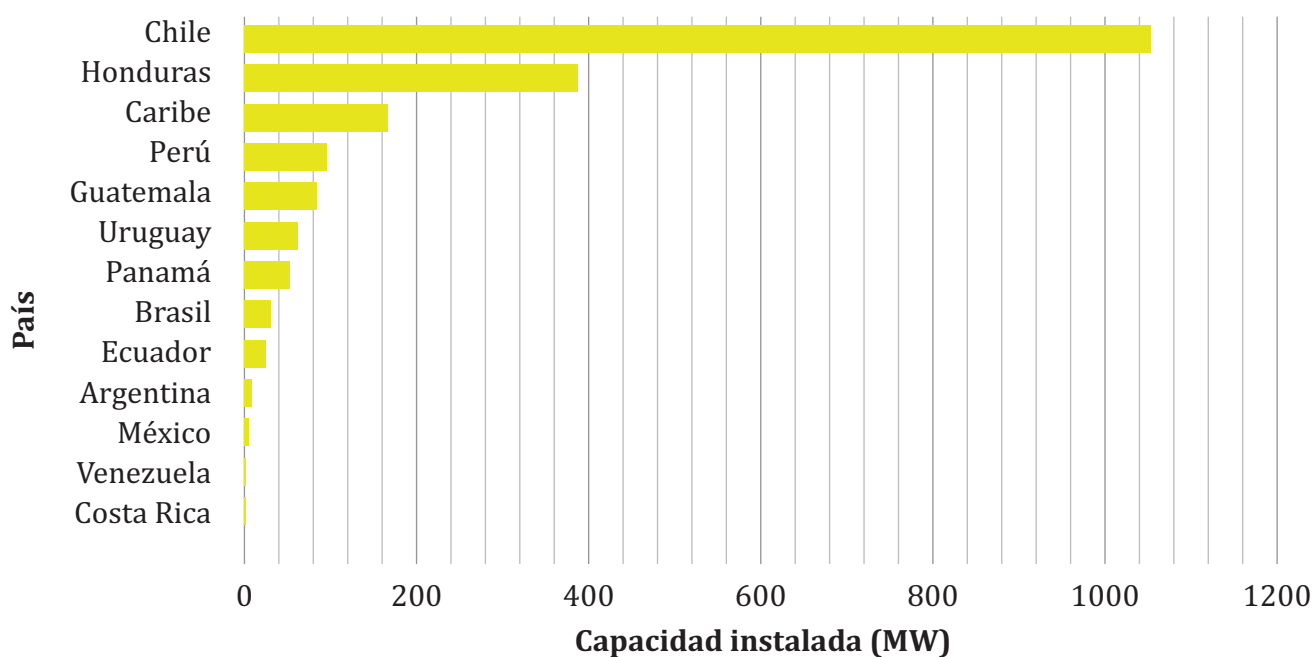
Fuente: Elaboración propia con datos de OLADE-SIELAC 2015.

Figura 3. Capacidad instalada por país de energía eólica a 2015.



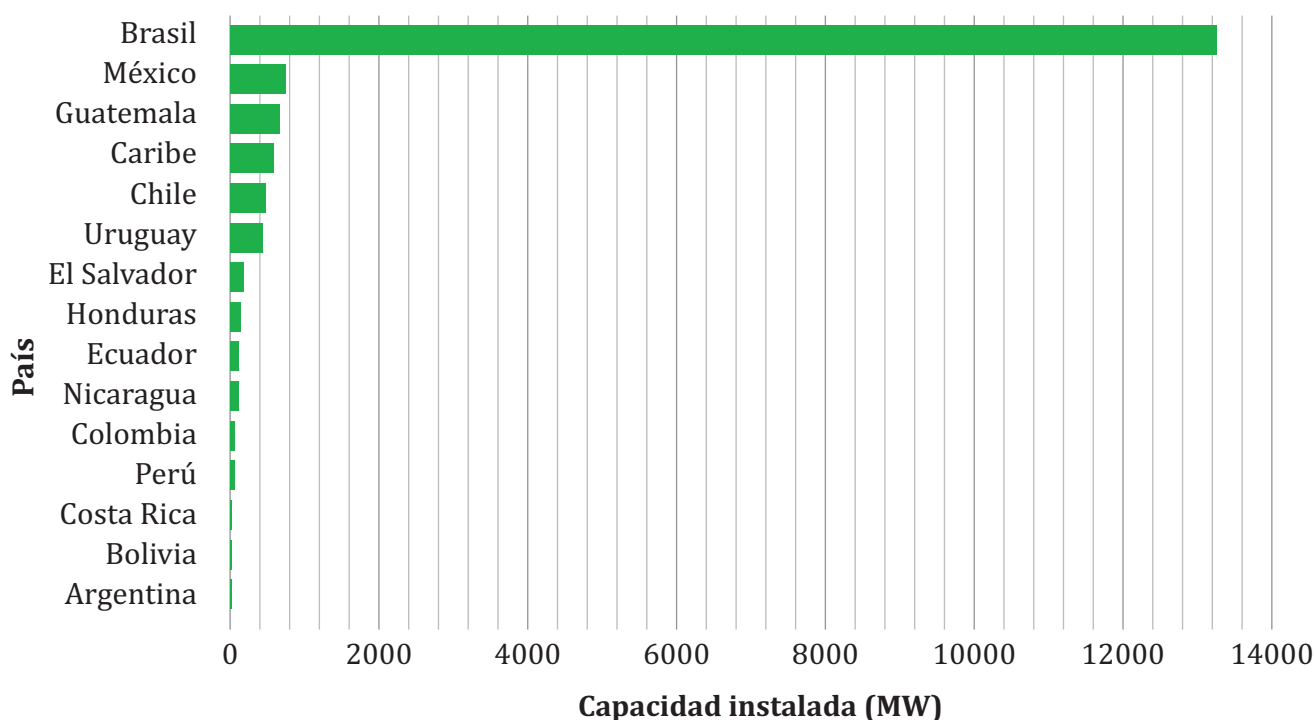
Fuente: Elaboración propia con datos de OLADE-SIELAC 2015.

Figura 4. Capacidad instalada por país de energía solar a 2015.



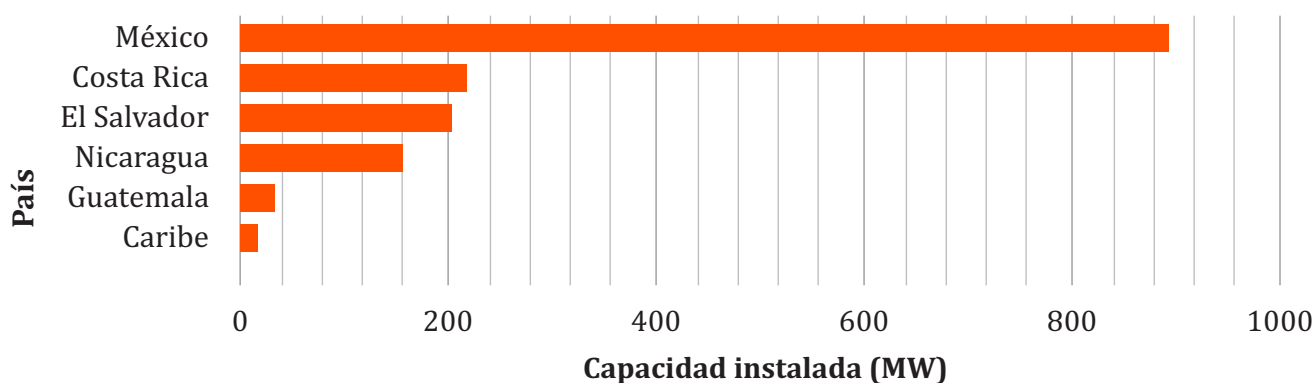
Fuente: Elaboración propia con datos de OLADE-SIELAC 2015.

Figura 5. Capacidad instalada por país de energía de biomasa a 2015.



Fuente: Elaboración de autores. Agencias de cada país<sup>4</sup>.

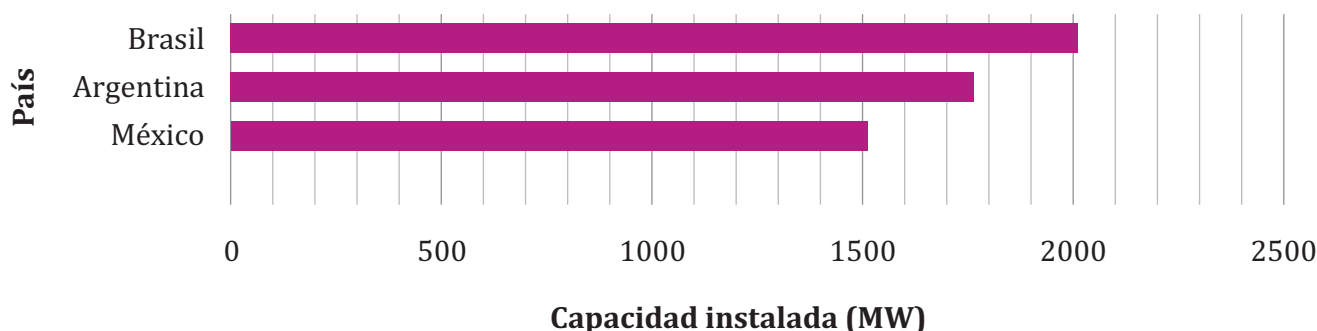
Figura 6. Capacidad instalada por país de energía geotérmica a 2015.



Fuente: Elaboración propia con datos de OLADE-SIELAC 2015.

4 Argentina (CNEA, 2015), Bolivia (Ministerio de Hidrocarburos y Energía, 2015), Brasil (Ministério de Minas e Energia, 2015), Chile (CNE, 2016), Colombia (UPME, 2015), Costa Rica (Instituto Costarricense de Electricidad, 2015), Ecuador (MEER, 2015), El Salvador (SIGET, 2016), Guatemala (REN21, 2016), Honduras (ENEE, 2015), México (SENER, 2016), Nicaragua (Ministerio de Energía y Minas, 2015), Perú (Ministerio de Energía y Minas, 2016), Uruguay (MIEM, 2016).

Figura 7. Capacidad instalada por país de energía nuclear a 2015.



Fuente: Elaboración propia con datos de OLADE-SIELAC 2015.

### Potencial energético de fuentes renovables

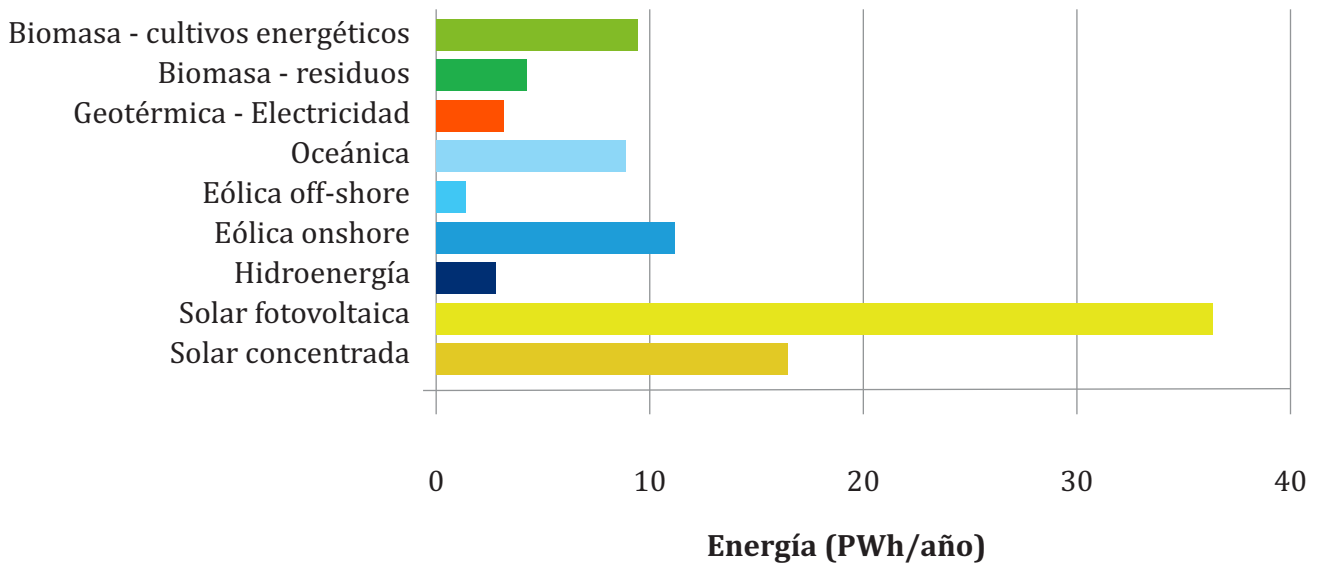
En ALC los recursos renovables distintos a la energía hidroeléctrica son también abundantes, de calidad mundial y podrían fácilmente proporcionar el complemento necesario para satisfacer la demanda regional hasta 2030 y más allá, incluso suponiendo tasas de crecimiento de demanda muy dinámicas y teniendo en cuenta una serie de limitaciones técnicas. Los diagnósticos recientes muestran que la región podría producir cerca de 80.000 TWh a partir de energía solar, eólica, marina, geotérmica y de biomasa (Ver Figura 8). La capacidad pico nominal correspondiente sería de unos 34 TW (500 GW de geotérmica; 3.400 GW de marina y oceánica; 450 GW de eólica en alta mar; 4.200 GW de eólica en tierra firme; 17.000 GW fotovoltaica; 7.500 GW energía solar concentrada ESC y 850 GW de residuos de biomasa), muy por encima de la demanda esperada y lo suficiente como para satisfacer la demanda de la región entera e incluso la del mundo (Hoogwijk & Graus, 2008).

Teniendo en cuenta que el consumo actual es de 1.400 TWh, el aprovechamiento de alrededor de 2% del potencial técnico disponible permitiría satisfacer toda la demanda actual de electricidad. Más aún, el crecimiento estimado de demanda para 2030 de 2.049 TWh, solamente daría cuenta

del 2,4% del potencial técnico total disponible. En un contexto global, teóricamente el potencial de energía renovable de ALC podría satisfacer una gran parte de la demanda mundial de electricidad. La disponibilidad de este recurso frente al desafío de la sostenibilidad en el suministro de electricidad, así como los beneficios que su despliegue le podría traer a la región, invita a que se estudie y explore aún más la manera de maximizar su uso.

**En la década del '90 las perspectivas del mercado regional permitieron que se desarrollara una gran infraestructura de gasoductos de exportación, en especial desde Argentina hacia sus países vecinos.**

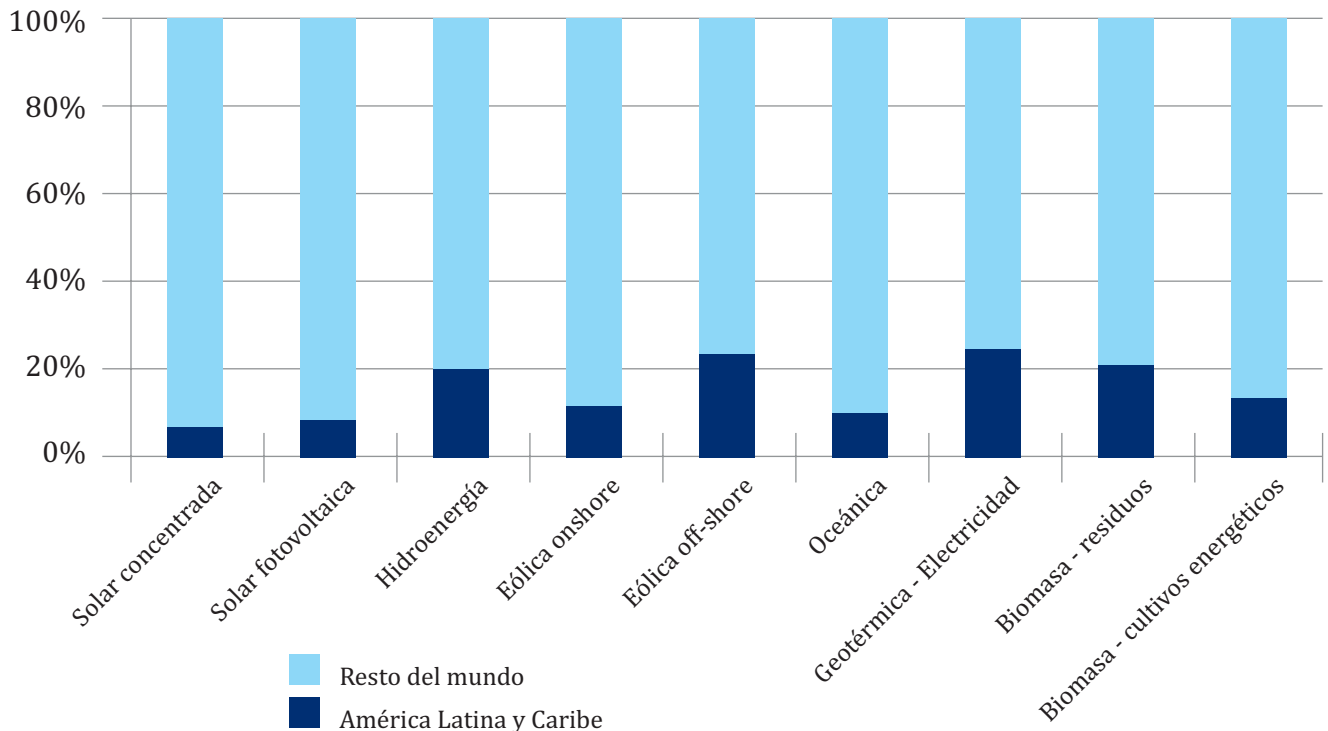
Figura 8. Potencial técnico regional total para las tecnologías renovables a largo plazo.



Fuente: (Hoogwijk & Graus, 2008).

En la figura 9 se presenta la comparación del potencial técnico de recursos renovables disponibles en ALC frente al resto del mundo, donde la región cuenta con un potencial de 80 PWh frente 895 PWh de las otras regiones del mundo, lo que representa el 8.2% del potencial mundial.

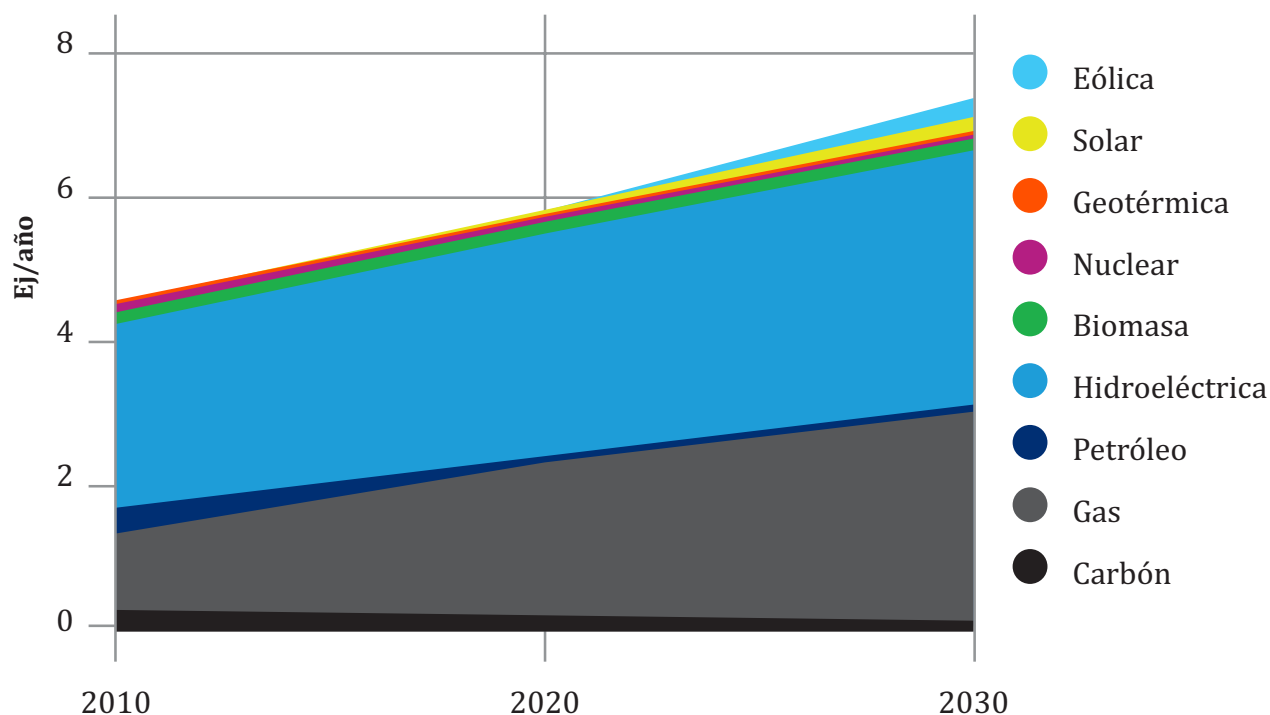
Figura 9. Porcentaje de potencial técnico de renovables en la región frente al del mundo.



Fuente: Elaboración de autores con datos del estudio de potencial (Hoogwijk & Graus, 2008).

## PROSPECTIVA A 2030 DE DEMANDA Y OFERTA EN ALC

Figura 10. Evolución proyectada de la matriz eléctrica de ALC hasta 2030



Fuente: Adaptado por autores. Datos BID (Vergara, Alatorre, & Leandro, 2013).

En la proyección hecha por el GEA<sup>5</sup> Model Database de IIASA<sup>6</sup> (Figura 10), se evidencia la inercia a continuar con el suministro basado en fuentes convencionales como la hidroenergía, y el gas, con una incipiente participación de nuevas energías renovables como solar y eólica. Esta tendencia desvela la necesidad de desarrollar procesos que permitan incrementar la participación de energías renovables no convencionales en el mediano plazo.

**Como sustento de las interconexiones eléctricas, se han identificado básicamente cuatro tipos de acuerdos: (i) los Tratados binacionales que sustentaron la construcción de los grandes aprovechamientos hidroeléctricos y las interconexiones asociadas (ii) los acuerdos binacionales referidos a proyectos de interconexión específicos, instrumentados a través de las empresas nacionales; (iii) los marcos generales para el fomento de las interconexiones eléctricas, utilizados especialmente en los países del Cono Sur, y (iv) los acuerdos entre Estados en el marco de la CAN que sustentan conexiones bilaterales y que tienen en miras la progresiva integración subregional.**

5 Global Energy Assessment.

6 International Institute for Applied Systems Analysis.

## **PROCESOS PARA INCREMENTAR LA PARTICIPACIÓN DE LA ENERGÍAS RENOVABLES CON EL FIN DE BRINDAR SEGURIDAD ENERGÉTICA**

En ALC la seguridad en términos de abastecimiento de energía, es un tema que ha estado en discusión por países pertenecientes de la región durante los últimos años, debido a que existen naciones que no están en condiciones o tienen inconvenientes para cubrir su demanda energética con recursos propios; muchos de los países de ALC han avanzado en la búsqueda de soluciones en el ámbito de seguridad energética, reducción de la dependencia e incorporación de consideraciones de tipo social en sus políticas energéticas, fundamentándose en la preservación de los recursos no renovables (priorizando su uso para la demanda interna) y una revalorización de la planificación energética (CAF, 2013).

El World Economic Forum define desde el punto de vista de acceso a la energía y seguridad, tres indicadores: La diversidad del suministro (Diversidad de los recursos primarios), el nivel y calidad del acceso (Grado de electrificación, calidad del suministro eléctrico y población que utiliza combustibles sólidos), y autosuficiencia (dependencia de la importación); asimismo dicta un concepto de seguridad energética, como “el grado en que la matriz de energía está en riesgo de un impacto y si se proporciona un acceso adecuado a la energía para todos los sectores de la población”.

Para lograr el abastecimiento energético regional, es necesario desarrollar la capacidad doméstica de producción, potencializar la disponibilidad de los recursos existentes y reducir el grado de incertidumbre sobre el abastecimiento externo de la región, todo esto con el fin de alcanzar un nivel de cobertura de suministro energético adecuado y de los inventarios requeridos para la seguridad energética de ALC (CAF, 2013).

La participación de las energías renovables aporta ampliamente a la seguridad energética de la

región a largo plazo, debido a que los recursos fósiles y no renovables serán menos explotados para la generación de energía eléctrica, dicha participación depende de tres factores principales: la disponibilidad de recursos renovables en la región, las políticas y reglamentación adoptadas por cada nación, y la demanda eléctrica que se deberá cubrir a partir de dichas tecnologías.

La complementariedad entre países es un proceso que aumenta la seguridad energética, ya que un país con recursos energéticos excedentes después de cubrir su consumo interno puede ayudar a abastecer a otro con déficit de los mismos, evitando así crisis energéticas.

Los retos que imponen la realidad económica y social actual, comprenden la necesidad de incrementar la base de recursos existentes y desarrollar las potencialidades con las cuales se cuenta, así como la infraestructura necesaria para disponer de los mismos, aumentando de esta forma la independencia energética de la región en los próximos años (CAF, 2013).

**El Observatorio de Energía Renovable para América Latina y el Caribe** es un programa de cooperación técnica multi-institucional y multidisciplinario abierto a todos los países de ALC. El fin último de este programa regional es contribuir al logro de los objetivos de desarrollo del milenio aumentando el acceso de los más desfavorecidos a servicios de energía modernos y promoviendo a su vez las tecnologías de energía renovable para aplicaciones productivas y usos industriales en la región de ALC. De este modo, el Observatorio de Energía Renovable para ALC ha establecido las bases para coordinar y promover el desarrollo sostenible a partir de iniciativas de energía renovable cuyo propósito sea aumentar el acceso a los servicios de energía y diversificar la matriz energética (ONU, 2016).

Esta entidad, presenta un alto potencial para promover el incremento de la participación de energías renovables. Sería muy valioso, aumentar su capacidad, y funciones; de tal forma que cada

país miembro de la región, por medio de sus entes respectivos reporte de manera oportuna y real la información concerniente a: capacidad instalada por fuente de energía, potencial renovable, nuevos proyectos y experiencias adquiridas. Esto con el fin de que se realice un acompañamiento para que la región crezca de manera acelerada y este a un mismo nivel de desarrollo tecnológico energéticamente. Lo cual se puede promover también, mediante encuentros (foros, congresos, convenciones, etc.) periódicos donde se compartan las experiencias, con el fin de construir una red de actores con conocimientos adquiridos por la experiencia, superando así las barreras de falta de conocimiento y experiencia tecnológica.

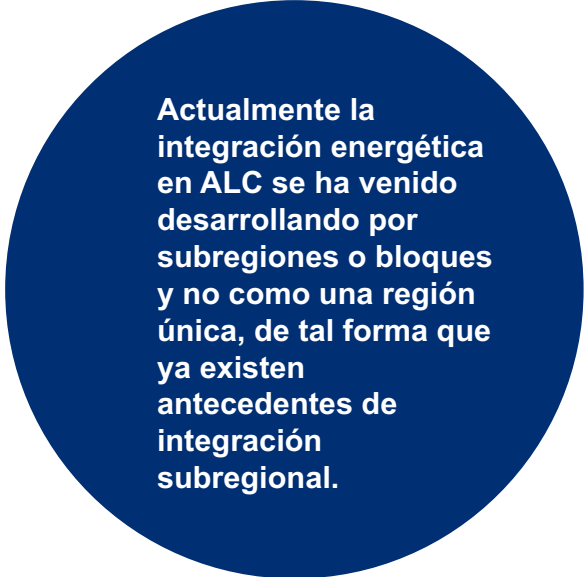
Para incrementar la participación en Energías Renovables a fin de favorecer la seguridad energética regional es necesario superar además la barrera que suponen sus costos; por medio de la implementación de políticas internacionales que permitan crear un mercado más globalizado, donde haya participación de todos los miembros de la región con una reglamentación clara, conllevando al aumento de transacciones internacionales y un desarrollo del mercado regional. Promover incentivos fiscales y la adopción de programas e instrumentos como el “feed in tariff”, pueden conducir a un sistema de precios que beneficie el desarrollo de las tecnologías provenientes de fuentes renovables, igualmente los compromisos adquiridos por los países de la región en el COP 21<sup>7</sup> deben ser aprovechados para el impulso de estas políticas energéticas. La integración energética regional será fundamental para la superación de barreras mediante las estrategias presentadas.

## INTEGRACIÓN ENERGÉTICA

El tema de integración energética regional abarca lo referente a la demanda, oferta, generación, consumo y otras actividades de las fuentes primarias de energía en cada sector económico

<sup>7</sup> Conferencia de las naciones unidas sobre el cambio climático 2015.

de la región (transporte, electricidad, etc.), en esta sección solo se tocarán los puntos concernientes a la integración energética en términos de electricidad.



**Actualmente la integración energética en ALC se ha venido desarrollando por subregiones o bloques y no como una región única, de tal forma que ya existen antecedentes de integración subregional.**

## Beneficios de la integración

- Complementariedad energética y de recursos renovables entre países de la región.
- Transferencia de experiencia tecnológica y formación de recursos humanos.
- Reducción de costos de implementación de generación basada en fuentes renovables.
- Disminuir el déficit de suministro eléctrico de algunos países miembros.
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero GEI.
- Fortalecimiento de la infraestructura energética regional.
- Promoción de la industrialización y desarrollo del sector energético.



## **Barreras para la integración en ALC**

- Dificultades por la no liberalización del mercado eléctrico de los países miembros.
- Monopolios estatales del mercado eléctrico nacional.
- Poca voluntad política para la integración.
- Insuficiencia de infraestructura para realizar las interconexiones.

La región de ALC cuenta con experiencia en tres estilos diferentes de interconexión eléctrica (CAF, CIER, 2012):

- Grandes plantas hidroeléctricas binacionales, tales como Salto Grande, entre Argentina y Uruguay; e Itaipú, entre Paraguay y Brasil.
- Exportación de electricidad, como por ejemplo: Colombia–Ecuador y Argentina–Brasil.
- Proyectos donde se comparten las reservas y se aprovecha la diversidad hidrológica. Un ejemplo es la interconexión SIEPAC de los países de América Central.

Actualmente la integración energética en ALC se ha venido desarrollando por subregiones o bloques y no como una región única, de tal forma que ya existen antecedentes de integración subregional. A la fecha, se han consolidado tres bloques con tres modelos, niveles y características diferentes de integración energética (Carrasco, 2013), entre los cuales se reconocen principalmente:

El primer bloque está conformado por los países miembros del Sistema de Integración Centroamericana SICA, cuyo núcleo central de integración energética tiene actualmente lugar en el ámbito eléctrico. Esta iniciativa fue liderada por México en el marco del ex Plan Puebla Panamá (denominado Proyecto de Integración

y Desarrollo de Mesoamérica a partir de 2008), en el que también participa Colombia desde 2009 (Ruiz, 2010). El Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central (SIEPAC) tiene como objetivo la consolidación de un mercado eléctrico regional, que permita ayudar a satisfacer la demanda de energía eléctrica de los países de América Central. Con el proyecto SIEPAC I se logró la interconexión de seis países Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y Panamá con un sistema de despacho integrado; y se espera que con la ampliación esta red contemplada en el proyecto SIEPAC II llegue a una capacidad de 600 MW.

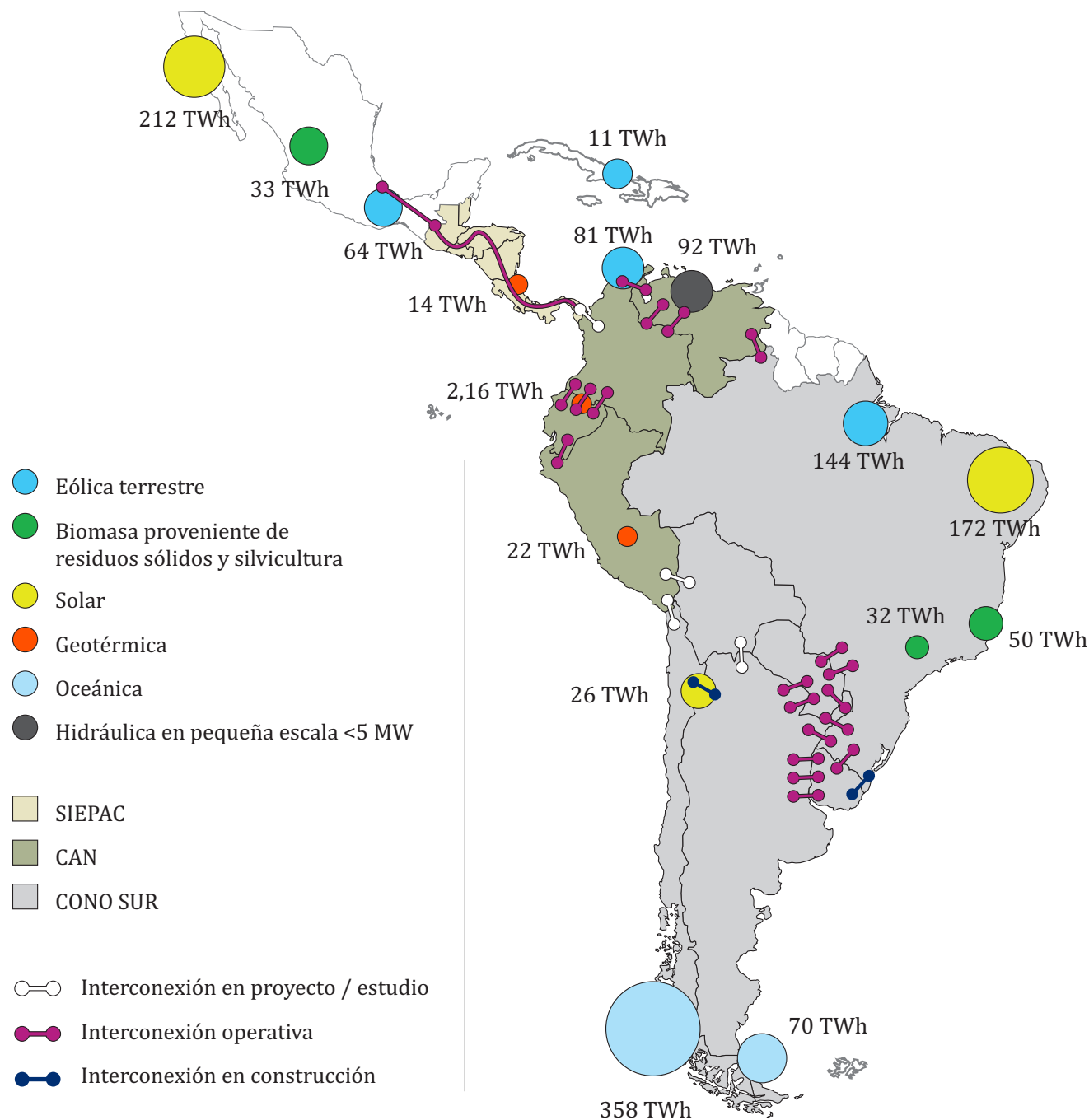
En el segundo bloque se encuentran los acuerdos de Transacciones internacionales de Energía (TIES) adoptados por la comunidad andina de naciones (CAN) mediante un mercado de despacho coordinado. En Suramérica la CAN tiene un mercado eléctrico internacional de exportaciones e importaciones entre sus países con un enfoque bilateral. Estas interconexiones podrían ser un primer paso para lo que en el futuro pueda ser un sistema integrado más desarrollado.

Por último, los proyectos de interconexión de los países del cono sur MERCOSUR regidos mediante contratos internacionales de carácter bilateral; este bloque cuenta con más de 15 interconexiones eléctricas internacionales sin contar con las interconexiones gasíferas, entre las cuales se destacan los grandes aprovechamientos de recursos con plantas binacionales.

## **Oportunidades de abastecimiento por medio de fuentes renovables de energía**

Para tener una amplia idea de las oportunidades de abastecimiento mediante energías renovables en la región, en la figura 11, se presenta la ubicación de los recursos de energías renovables con mayores potenciales para utilizar en los próximos años, también se pueden observar las líneas de inconexión operativas, en construcción y en fase de estudio/proyecto.

Figura 11. Mapa de ALC, indicando los tres bloques de interconexión regional (SIEPAC, CAN y Cono Sur), las interconexiones que existen en la región y ejemplos de sitios ricos en recursos de energía renovable para generación eléctrica.



Fuente: Elaboración de autores con datos de CIER<sup>8</sup> y BID<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> Los datos fueron tomados de (Carrasco, 2013).

<sup>9</sup> Los datos fueron tomados de (Vergara, Alatorre, & Leandro, 2013).

## **Iniciativas/avances de la región de ALC**

Suramérica cuenta con varios casos de interconexiones binacionales entre países vecinos, pero estas iniciativas no han logrado tener madurez al punto de conformar un único sistema de interconexión multilateral como es el caso de la SAPP en África, la PJM en Norteamérica y la UCTE en Europa, siendo este último el referente más importante a nivel mundial gracias su nivel de desarrollo e integración económica y política.

### **Proyecto SIEPAC**

En la región de Centroamérica, los países decidieron interconectar sus sistemas eléctricos con la intención de aprovechar mejor los recursos energéticos y su infraestructura. Con este propósito, desde 1985 se crearon organismos regionales, como el Consejo de Electrificación de América Central (CEAC), para promover la cooperación, la construcción de infraestructura, los intercambios de energía y la planificación conjunta. Con la adopción del Tratado Marco del Mercado Eléctrico Centroamericano, suscrito por los seis países de América Central, la integración dio surgimiento al proyecto del Sistema de Interconexión Eléctrica de los países de América Central - SIEPAC, la región centroamericana fue conectada eléctricamente por una nueva línea de transmisión que cubre los seis países participantes (Gigardi, 2016).

El Tratado Marco del Mercado Eléctrico Centroamericano está concebido para crear un séptimo mercado, que convive superpuesto a los mercados internos particulares de cada país, y que respeta las diferencias que entre ellos existen. Las transacciones comerciales de los intercambios de energía están regidas por el Tratado Marco del Mercado Eléctrico Regional (MER). La Comisión Regional de Interconexión Eléctrica (CRIE), conformada con representantes de los organismos reguladores de cada país, actúa como regulador regional. El Ente Operador de la Red (EOR) se encarga de operación y despacho

regional. Los intercambios se realizan entre los agentes habilitados por cada país ante el EOR. Todas las transacciones deben ser coordinadas con el Operador de Mercado (OM) de cada país y comunicadas con anticipación al EOR, que verifica factibilidad técnica y comercial de los intercambios. Hechos los ajustes, el EOR coordina con los OM el pre-despacho (GTPIR, CEAC, 2012).

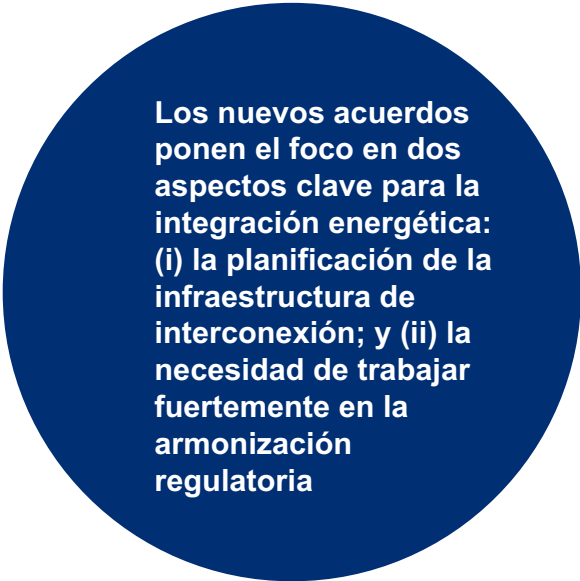
### **Comisión de Integración Energética Regional (CIER)**

El CIER es una organización de carácter internacional regional, con reconocimiento de los gobiernos, de duración ilimitada y sin fines de lucro que reúne a Empresas y Organismos del sector energético de los Países Miembros, así como a los Miembros Asociados y Entidades Vinculadas. Su objetivo es promover y favorecer la integración del sector energético en la región a través de la cooperación mutua entre sus asociados. Actualmente está desarrollando proyectos en materia de interconexiones internacionales e integración energética, uno de los proyectos es el Atlas Energético Latinoamericano y SIGER Base de Datos (CIER, 2016).

### **Referente europeo de integración energética**

Un referente de integración energética a nivel mundial es el caso de la Unión Europea (UE), donde por años se ha intentado organizar un Estado Federativo con una política común, en la cual se represente los intereses de un solo mercado energético europeo. La UE estableció reglas comunes para el sector de la electricidad con el objetivo de armonizar los mercados energéticos de la región. Esto fue posible gracias a la directiva 96/92/EC, la cual se enfocó en dar pautas referidas al sector eléctrico, y la libre competencia entre los mercados nacionales de sus países miembros, incluyendo tres aspectos claves (Castillo, 2013): Libertad a los consumidores para elegir su suplidor de energía - Separación de las actividades- Libre acceso a las redes.

La apertura a la libre competencia de los mercados eléctricos se dio en un cronograma gradual, las directivas en un inicio fueron no vinculantes, sin embargo la directiva vinculante, no fue adoptada uniformemente por los países miembros, pues aunque hubo una cantidad significativa de países que abrieron sus mercados rápidamente a la libre competencia sin obstáculos, también se dio el caso de naciones donde existen fuertes monopolios estatales, y este proceso de liberalización ha sido dificultoso. En la integración energética europea existen conflictos entre el enfoque nacional y el regional, y además existen barreras como: las diferencias en la situación económica entre los países, la diversidad de la estructura de suministro y consumo de energía, la presencia de fuertes intereses de monopolios públicos y la reticencia de los estados en dejar la política energética nacional en manos de una entidad supranacional (Castillo, 2013).



**Los nuevos acuerdos ponen el foco en dos aspectos clave para la integración energética: (i) la planificación de la infraestructura de interconexión; y (ii) la necesidad de trabajar fuertemente en la armonización regulatoria**

### **Influencia de los procesos de integración en el desarrollo de fuentes renovables**

La integración regional promueve grandes mercados eléctricos al interconectar varios países, haciendo que la economía a escala pase a tomar lugar en el desarrollo y la disminución

de costos de implementación de tecnologías con fuentes de energía renovable. De esa manera los proyectos renovables de diferentes tecnologías se ven beneficiados, ya que por un lado, se pueden desarrollar grandes proyectos para suplir grandes demandas, y además, aprovechar los recursos energéticos compartidos para interconectar los países de la región, situación que conduce a que entre varios países pueden desarrollar proyectos comunes de grandes magnitudes, permitiendo que los costos disminuyan.

La integración regional se ha propuesto desde un principio con el fin de promover la seguridad energética, de acuerdo a ese objetivo las fuentes renovables contribuyen a aumentar ese grado de seguridad del que se desea que la red eléctrica disponga. Es por esto que la integración fomenta el desarrollo y la aplicación de estas tecnologías, ya que para brindarle seguridad y garantizar el suministro de energía firme, la matriz eléctrica además de ser robusta y flexible, debe contar con un nivel favorable de diversificación de la canasta eléctrica. Esto con la finalidad de evitar y mitigar el impacto que ejercen los fenómenos naturales sobre la generación.

La energía solar y eólica son fuentes renovables intermitentes, que pueden en ciertas épocas del año sobrepasar la demanda eléctrica, pero también hay épocas del año y periodos del día donde la generación por medio de dichas tecnologías será baja debido a fenómenos naturales; es aquí donde el rol de la integración energética se hace imperativo, ya que al haber amplia diferencia geoespacial de las zonas, el comportamiento de los recursos renovables tiene una menor correlación, y por este motivo se pueden complementar entre países.

Las interconexiones regionales vienen evolucionando, y pasan de ser relaciones bilaterales basadas en comerciar excedentes y prestarse apoyo mutuo en casos de emergencia de los sistemas, a convertirse en entidades legales que cubren numerosos estados y países; estas cuentan con poder regulatorio formal y ejercen un control

centralizado sobre el despacho de electricidad. En ALC, los sistemas regionales de electricidad han sido considerados como un elemento clave de integración económica. Es así como se han propuesto e implementado en algunos casos proyectos de interconexión eléctrica en Sudamérica, Centroamérica y el Caribe. Hoy día, el objetivo de escalar las TERN<sup>10</sup> se constituye en una razón adicional poderosa para poner en marcha estos proyectos (Vergara, Alatorre, & Leandro, 2013).

La creación de vínculos eléctricos entre países puede generar la formación de un mercado regional, que no solo beneficia a los países importadores sino también a los que tengan excedentes de energía. Los proyectos de integración energética, aunque son beneficiosos para ambas partes y están presentes en todas las regiones económicas del mundo, tienen barreras de tipo geográfico, regulatorias, ambiental, comerciales y legales. Para la integración energética se deben tener en cuenta tres condiciones mínimas claves: Voluntad política - Institucionalidad - Disponibilidad de infraestructura. La integración energética ha sido un tema presente en las agendas de gobiernos y organismos regionales de integración, quienes conocen los beneficios que traen dicha integración: ampliación de los mercados, optimización y/o complementariedad en uso de las fuentes energéticas, las economías de escala, exploración de recursos compartidos y mejoramiento de niveles de seguridad de abastecimiento (Castillo, 2013).

Los avances en esa dirección no han sido fáciles, ni veloces, en especial para el desarrollo de obras de infraestructura fija. Así, se han logrado algunos resultados importantes, aunque persisten barreras de diverso tipo que no permiten incorporar a la integración como una alternativa beneficiosa en el más amplio sentido (CAF, 2013).

En la práctica los procesos de integración no son ni armónicos ni regulares y requieren un alto

grado de voluntad política, debido a su alto nivel de complejidad. Se deben revisar las prioridades de cada gobierno y su voluntad a la hora de invertir. Existen dificultades, como compatibilizar las decisiones nacionales con las regionales, en materia de política energética; esto se debe a la diversidad de los ambientes regulatorios surgidos de los procesos de reforma, el financiamiento de la infraestructura de interconexión también juega un papel fundamental, así como la multiplicidad de instituciones regionales con la mismas funciones (Castillo, 2013).

El papel que juega la integración energética en el desarrollo de las energías renovables en ALC es fundamental, por cuanto potencia superar las principales barreras que han venido dilatando su participación significativa en la matriz de generación eléctrica, siendo estas relacionadas con falta de experiencia, conocimiento y desarrollo tecnológico, y los costos de implementación.

## CONCLUSIONES

El aprovechamiento del potencial renovable no convencional en ALC es incipiente, ya que solo presenta un 8,71% de participación en la matriz eléctrica, sin embargo en el caso de la energía hidráulica hay aporte significativo, del orden del 45,65%, ya que la región cuenta con un excelente potencial hídrico, del cual aún sólo se está aprovechando un 26% del estimado.

De manera general se está aprovechando menos del 2% del potencial renovable estimado, el cual puede aportar notoriamente a la independencia energética de la región, ya que aprovechando solo un 3%, es posible suplir más de la demanda de la región a 2030, prevista en 2.049 TWh para un potencial técnico disponible total de 80.000 TWh/año.

Se han determinado barreras significativas en la vía de incrementar la participación en Energías Renovables en ALC, constituidas primordialmente por los costos de implementación, y la falta de trayectoria; estas se pueden superar

---

10 Tecnologías de Energías Renovables No Convencionales.

mediante políticas internacionales que creen condiciones económicas propicias, y el trabajo regional mancomunado que genere experiencia conjunta, apoyándose de herramientas como el Observatorio de Energía Renovable.

Para conseguir los objetivos de integración energética renovable, es necesario buscar la armonía en los mercados, pasando de los modelos bilaterales, hacia a uno multilateral centralizado donde se comparta una red regional con participación de los operadores de todos los países. El integrar los bloques regionales ya constituidos permitirá una integración regional completa.

La integración energética influye en el aumento de la participación de las energías renovables, por cuanto, la complementariedad que aporta la integración regional, permite reducir costos tecnológicos por economía a escala, generar una experiencia conjunta, y aprovechar sinergias, incluso en fuentes intermitentes como la solar y la eólica.

## REFERENCIAS

CAF. (2013). *Energía: Una visión sobre los retos y oportunidades en América Latina y el Caribe*. Integración energética. ALADI, ARPEL, CAF, CEPAL, CIER, OEA, OLADE, WEC-LAC.

CAF, CIER. (2012). *Nuevas oportunidades de interconexión eléctrica en América Latina*. Bogotá: Banco de desarrollo de América Latina, CIER.

Campillo, S. (27 de abril de 2016). *Crisis eléctrica*. Venezuela. Hipertextual.

Carrasco, J. (2013). *Nuevo enfoque de la Integración Energética Regional de América Latina – PR CIER 15*. Santa Cruz de la Sierra. Bolivia: CIER.

Castillo, I. (2013). *Apuntes sobre la integración eléctrica regional y propuestas para avanzar*. Quito: OLADE.

CELEC EP. (2015). *Ficha informativa de proyecto 2015. Estudio de prefactibilidad de proyecto geotérmico binacional Tufiño - Chiles - Cerro Negro*. Quito, Ecuador: Corporación Eléctrica del Ecuador.

CIER. (14 de diciembre de 2016). *Comisión de Integración Energética Regional*. Obtenido de Organismo Internacional del Sector Energético de América Latina y el Caribe: <http://www.cier.org.uy>

Clavijo, S. (2016). *La crisis energética de Colombia (2015-2016)*. Asociación Nacional de Instituciones Financieras (ANIF).

CNE. (2016). *Capacidad instalada generación*. Chile: Comisión Nacional de Energía.

CNEA. (2015). *Síntesis del mercado eléctrico mayorista de la República Argentina*. Subgerencia de Planificación Estratégica Gerencia de Planificación, Coordinación y Control. Comisión Nacional de Energía Atómica.

ENEE. (2015). *Boletín Estadístico Diciembre 2015*. Honduras: Dirección de planificación estratégica y corporativa.

- Gigardi, R. (2016). *Planificación e Integración Energética en América Central: Análisis de la Expansión del Sector Eléctrico y de las Alternativas de Abastecimiento de Gas Natural*. Organización Latinoamericana de Energía . OLADE.
- GTPIR, CEAC. (2012). *an Indicativo Regional de Expansión de la Generación 2012 – 2027. San Salvador –República de El Salvador*. an Indicativo Regional de Expansión de la Generación 2012 Grupo de Trabajo de Planificación Indicativa Regional (GTPIR), Consejo de Electrificación de América Central (CEAC).
- Hoogwijk, M., & Graus, W. (2008). *Global potential of renewable energy sources: A literature assessment. Background report*. Ecofys prepared by order of REN21–Renewable Energy Policy.
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2015). *Generación y demanda. Informe anual*. Costa Rica: Centro Nacional de Contro de Energía.
- MEER. (2015). *Sistema Nacional de Información (SNI)*. Ecuador: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.
- MIEM. (2016). *Potencia instalada por tipo de equipo y Potencia Instalada por Fuente*. Uruguay: DNE.
- Ministerio de Energía y Minas. (2015). *Generación neta inyectada al mercado mayorista nacional por centrales eléctricas (agentes generadores del mercado)*. Nicaragua: Dirección de mercado eléctrico.
- Ministerio de Energía y Minas. (2016). *Balance y principales indicadores eléctricos*. Perú: DGE.
- Ministerio de Hidrocarburos y Energía. (2015). *Anuario estadístico 2015*. Bolivia: Auroridad de Fisalización y Control Social de Electricidad.
- Ministério de Minas e Energia. (2015). *Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro Dezembro - 2015*. Brasil: Secretaria de Energia Elétrica. Departamento de Monitorio do Sistema Elétrico.
- ONUUDI. (14 de diciembre de 2016). *Observatorio de Energía Renovable para América Latina y el Caribe*. Obtenido de <http://www.renenergyobservatory.org/es/antecedentes.html>
- Periódico Semana. (27 de febrero de 2016). Crisis energética prende la alerta roja. *Revista Semana*.
- REN21. (2016). *Reporte global de energías renovables*. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century .
- Ruiz, A. (2010). *La cooperación e integración energética en América Latina y el Caribe*. Puente@Europa, 62-67.
- SENER. (2016). *Reportes de avances de energías limpias 2015*. México: Secretaria de Energía.
- SIGET. (2016). *Funcionamiento y Supervisión del Mercado de Electricidad en El Salvador*. El Salvador: ARIAE, SIGET.
- UPME. (2015). *Informe mensual de variables de generación y del mercado eléctrico colombiano - Diciembre de 2015*. Colombia: Ministerio de Minas y Energía. Unidad de Planeación Minero Energética.
- Vergara, W., Alatorre, C., & Leandro, A. (2013). *Repensemos nuestro futuro energético*. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Cambio Climático y Sostenibilidad.