

enerLAC

Revista de
Energía de
Latinoamérica
y el Caribe

Generación
de energía
en PTAR

Pronóstico
energía eólica
en Uruguay

Simulación
sistema
fotovoltaico
en Haití

Operación
óptima de
baterías

Transición
sistemas de
energía eléctrica

Pronósticos
hidrológicos y
el sistema eléctrico

Modelo numérico
de la combustión de
tronco cilíndrico



© Copyright Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) 2019. Todos los derechos reservados.

ISSN: 2602-8042 (Impresa)

ISSN: 2631-2522 (Electrónica)

Dirección: Av. Mariscal Antonio José de Sucre N58-63 y
Fernández Salvador.
Quito - Ecuador

Página web Revista ENERLAC: <http://enerlac.olade.org>

Página web OLADE: www.olade.org

Mail ENERLAC: enerlac@olade.org

Teléfonos: (+593 2) 2598-122 / 2598-280 / 2597-995



COMITÉ EDITORIAL

Alfonso Blanco
SECRETARIO EJECUTIVO DE OLADE

Pablo Garcés
ASESOR TÉCNICO DE OLADE

Marcelo Vega
COORDINADOR DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DE LA
ASOCIACIÓN DE UNIVERSIDADES GRUPO MONTEVIDEO
(AUGM)

COMITÉ AD-HONOREM

Andrés Romero C.
Pontificia Universidad Católica de Chile.

Leonardo Beltrán.
Institute of the Americas. México.

Manlio Coviello.
Pontificia Universidad Católica de Chile.

Mauricio Medinaceli.
Investigador independiente. Bolivia.

Ubiratan Francisco Castellano.
Investigador independiente. Brasil.

COORDINADORES DE LA EDICIÓN

DIRECTOR GENERAL
Alfonso Blanco

DIRECTORES EJECUTIVOS
Pablo Garcés
Marcelo Vega

COORDINADORA DE PRODUCCIÓN
Blanca Guanocunga. Bibliotecaria OLADE

COLABORADORES

Raquel Atiaja. *Técnica de Área Informática OLADE*

Ana María Arroyo. *Diseño y diagramación*

REVISORES

Santiago Garrido. *Universidad Nacional de Quilmes. Instituto de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología. Argentina.*

Emilia Ruggeri. *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET – IESCT). Universidad Nacional de Quilmes. Argentina.*

Diego Coronel Bejarano. *Universidad Nacional de Asunción. Grupo de Investigación en Sistemas Energéticos (GISE - FPUNA). Paraguay.*

Luciana Clementi. *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina.*

José Javier Alonso Mateos. *Universidad Internacional de Valencia. España.*

Oscar Oviedo. *Universidad Nacional de Córdoba (UNC - INFIQC). Argentina.*

Alfredo Caguao Yagua. *Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM). Venezuela.*

Byron Chilibingua Mazón. *Consultor independiente. Ecuador.*

Reynaldo Payano Almanzar. *Investigador independiente. Chile.*

Iván López. *Universidad de la República (UdelaR) - FING-IMFIA. Uruguay.*

Cristhian Carrasco Villanueva. *Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). Bolivia.*

Ojilve Ramón Medrano Pérez. *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad (CCGS). México.*

Diseño de la portada y contraportada Ana María Arroyo y Francisco Pérez.

NOTA DE RESPONSABILIDAD DE CONTENIDO

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

TRANSICIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (2007-2017): DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS SISTÉMICAS

Axel Bastián Poque González ¹

Recibido: 15/01/2020 y Aceptado: 01/04/2020
ENERLAC. Volumen IV. Número 1. Junio, 2020 (78-95).



Foto de David Hellmann en Unsplash.

1 Ingeniero Civil en Electricidad por la Universidad de Santiago de Chile. Magíster en Ciencias de la Ingeniería con mención en Ingeniería Eléctrica por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile). Actualmente cursa el programa de Doctorado en Ambiente y Sociedad de la Universidad Estadual de Campinas (UNICAMP) de Brasil. axel.poque@usach.cl

RESUMEN

El tema de las transiciones energéticas ha cobrado relevancia durante el último tiempo, dada la urgencia por mudar hacia una forma de desenvolvimiento sostenible y socialmente aceptada. Este trabajo busca explorar el tránsito experimentado por los sistemas de energía eléctrica de la región de América Latina y El Caribe durante la década comprendida entre los años 2007 y 2017. El desarrollo del artículo inicia con una breve revisión de la literatura, prosigue con el estudio de data histórica relativa a la composición de la matriz y generación de energía eléctrica durante el período, y concluye con la exposición de tres alternativas sistémicas que volcarían el desarrollo energético hacia la sustentabilidad. Pese a que han sido halladas fortalezas y oportunidades relevantes para la mejora, la región aún debe anteponerse a múltiples desafíos.

Palabras clave: Transición Energética, Sistemas de Energía Eléctrica, Sustentabilidad Energética, Alternativas Sistémicas, América Latina, Caribe.

ABSTRACT

Energy transitions issue has gained relevance in the last time due to the urgency to move towards a sustainable and socially accepted way of development. This work seeks to explore the transformation of the electric power systems in the Latin American and Caribbean region during the 2007-2017 decade. The article begins with a little review of the literature, it continues with the study of historical data related to the composition of the matrix and generation of electricity during the period and concludes with the exposition of three systemic alternatives that would turn the energy systems towards sustainability. It has been found strengths and opportunities for improvement, but the region must still face multiple challenges yet.

Keywords: Energy Transition, Electric Power Systems, Energy Sustainability, Systemic Alternatives, Latin America and the Caribbean.



INTRODUCCIÓN

El término transición es ampliamente utilizado en disciplinas de la ciencia para referirse a un proceso de cambio en un sistema que va desde un estado a otro, mediante un cambio disruptivo no lineal. Naturalmente, este cambio es el resultado de múltiples interacciones, las cuales se desarrollan en diferentes dominios y niveles. Se trata de un campo multi e inter y transdisciplinar, que permite tejer redes entre diferentes materias y posibilita el estudio de los grandes desafíos que enfrenta la sociedad (Loorbach, Frantzeskaki y Avelino, 2017).

En particular, los procesos de transición energética de la actualidad se caracterizan por el relacionamiento de múltiples elementos, entre los cuales destaca la innovación tecnológica, los cambios en la forma en que se utiliza y produce la energía, la transformación de aspectos sociales del sistema (energético), la presencia de un número cada vez mayor de actores involucrados, la descentralización y una tendencia hacia estrategias comunitarias para la administración de los recursos (Hansen, Liu, y Morrison, 2019). Así, es imperioso comprender que las transiciones energéticas dependen de una serie de actores y factores, por lo tanto, la compleja interacción entre ellos, y las decisiones y fuerzas influyentes definirán la existencia, velocidad y naturaleza de las mudanzas (Fouquet, 2016).

Un riguroso análisis de las transiciones energéticas no sólo implica atender a la añadidura de energía producida a partir de un nuevo recurso, sino que, obliga a estudiar la sustitución de una fuente por otra (York y Bell, 2019). Bajo esta definición, se suscita el problema de la ausencia de estudios analíticos que atiendan a la transformación que ha experimentado América Latina y El Caribe (ALC) en sus sistemas de energía eléctrica durante los últimos años. Dicho lo anterior y con motivo de llenar aquel vacío, el principal objetivo de este artículo es identificar el fenómeno acaecido en ALC durante la década

2007-2017. Luego, a partir de la interpretación de ello, se abre la puerta a un segundo propósito, el cual consiste en explorar alternativas que garanticen un desarrollo eléctrico alineado con los requerimientos y exigencias del mundo actual.

Según registros históricos de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), y en concordancia con el Informe de Análisis de Mercado de Energías Renovables en Latinoamérica de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) de 2016, la región experimenta un notable incremento en la participación de fuentes renovables no convencionales de energía a partir de la década de 2010. No obstante, dado que este artículo persigue el objetivo de descifrar los cambios que ha vivenciado el subcontinente, en términos del reemplazo de fuentes, el período de análisis se focaliza en una década (2007-2017), pues, un intervalo menor podría no hacer visible las reales transformaciones (Kieffer et al., 2016; OLADE, 2019). En términos generales, entre 2007 y 2017 la matriz de energía eléctrica de los 27 países miembros de OLADE incrementó su capacidad instalada en un 50%. Respecto de la composición de las matrices, en 2007 el 95.7% de la capacidad instalada correspondía a energía hidroeléctrica y termoeléctrica, mientras que, en 2017 esa cifra se redujo a 86.9%, dado que nuevas fuentes habían emergido, luego un 11.7% estaba compuesto por energía solar, eólica, geotérmica y térmica renovable (OLADE, 2019).

El resto del artículo es estructurado de la siguiente forma: en primer lugar se presenta la metodología empleada (p. 77), y se desarrolla una breve revisión de la literatura más reciente y atingente; posteriormente se estudia la data correspondiente a la composición de la matriz y producción de energía eléctrica en la región (p. 79), luego se discute y proponen algunas alternativas sistémicas para la transición hacia un sistema sostenible (p. 85), y finalmente, se apuntan algunas reflexiones finales (p. 88).

Es posible satisfacer la demanda de energía eléctrica al año 2030 en un 100% con energías renovables, primando las tecnologías solar fotovoltaica y eólica.

METODOLOGÍA Y ESTRATEGIA

Puesto que el objetivo fundamental de este trabajo es identificar el fenómeno acaecido en ALC durante la década 2007-2017, serán desarrollados cuatro ítems. En primera instancia, se revisa la literatura más reciente asociada a las mudanzas energéticas que tuvieron lugar en la región dentro del espacio temporal estudiado. Una segunda instancia consiste en el procesamiento y examinación de data correspondiente a 27 países del continente (países OLADE). En tercer lugar, y como resultado del análisis de las etapas anteriores, se proponen tres alternativas sistémicas, no excluyentes entre sí, que podrían orientar el desarrollo eléctrico de la región hacia un nuevo modelo sostenible. Y para finalizar, se agrega un cuarto espacio, el cual recopila y expone algunas reflexiones emergidas a partir del trabajo desarrollado en los tres ítems anteriores.

Cabe señalar que, el procesamiento de datos consiste en el levantamiento de un perfil de cada uno de los 27 países analizados. Esto es, el detalle de la composición de matrices (MW), producción de energía eléctrica por fuentes (GWh) y nivel de electrificación (%) año a año, para el período comprendido entre 2007 y 2017. Así, es posible identificar la penetración de nuevas fuentes energéticas, la mudanza hacia sistemas con mayor (o menor) producción en base a

energías renovables y el incremento en el acceso a la electricidad por parte de la población, ya sea para cada una de las naciones como en forma integrada para ALC.

Revisión de la Literatura

Dado que el enfoque de este artículo está volcado al análisis sobre las mudanzas que ha experimentado ALC durante la década 2007-2017, entonces, se ha explorado literatura relevante a ese período e interés particular. A partir de ello, tres nuevos flancos son abiertos, aquel que concierne a la proyección de escenarios locales y regionales asociados a la incorporación de nuevas fuentes energéticas renovables no convencionales; aquel que se refiere a las políticas que posibilitan e inducen las transformaciones; y finalmente, aquel relativo a los aspectos sociales de los procesos de cambio.

Aghahosseini et al. (2019) evalúan la posibilidad de un sistema basado 100% en energías renovables, considerando una red eléctrica continental y el empleo de tecnologías de almacenamiento. Este estudio concluye que es posible satisfacer la demanda de energía eléctrica al año 2030 en un 100% con energías renovables, primando las tecnologías solar fotovoltaica y eólica. La disponibilidad de estos recursos dentro del continente y el uso optimizado de una eventual red de transmisión panamericana y dispositivos de almacenamiento configurarían un sistema rentable y confiable (Aghahosseini et al., 2019).

En relación con la electrificación de la región, Sheinbaum-Pardo y Ruiz (2012) señalan que el acceso universal a la electricidad podría lograrse el año 2030, mas se requiere de un aumento en 10 TWh de generación. Para ello, entre el período 2010-2030 se precisaría de una inversión de 2000 billones de USD y, en consecuencia, también se adicionarían 2,19 Mt de emisiones de CO₂ (considerando la composición de la matriz energética de la región en 2008, no obstante, el uso de energías renovables podría reducir esta cuota) (Sheinbaum-Pardo y Ruiz, 2012).

Desde un punto de vista antropológico, Howe (2015) reconoce el liderazgo histórico de la región latinoamericana en términos del uso de energías renovables, sin embargo, señala que en forma paralela se ha perpetrado la explotación sistemática de combustibles fósiles y el desarrollo de proyectos energéticos de gran escala, carentes de consentimiento comunitario y liderados por intereses corporativos; lo cual ha tenido como consecuencia la degradación ambiental y efectos en la calidad de vida humana (Howe, 2015). A su vez, Parker (2018) enfatiza que una transición energética involucra actores sociales que pueden promover u obstaculizar el proceso de cambio, influenciados por sus valores y principios culturales. Los consumidores de energía juegan un rol fundamental y, asimismo, vale destacar que las élites de la región, ocupando el rol de ser actores energéticamente intensivos, han privilegiado mantener la economía de crecimiento, independencia y seguridad por sobre garantizar un consumo de energía sostenible (Parker, 2018).



Desde una perspectiva política, es necesario mencionar el estudio desarrollado por Ruiz-Mendoza y Sheinbaum-Pardo (2010), donde se expone y compara políticas atinentes al sector eléctrico de cuatro países de la región: Argentina, Colombia, México y Brasil. Dos elementos comunes fueron observados a partir del año 1990, en primer lugar, fueron implementadas políticas tendientes a la liberalización del sector y, en segundo lugar, se introducen agendas que atienden al tema climático (Janet Ruiz-Mendoza y Sheinbaum-Pardo, 2010). A ello, vale agregar que Jacobs et al. (2013) han revisado la experiencia de los Feed-in Tariffs¹ (FITs) en ALC y, concluyen que, en los cinco países en que han sido implementadas regulaciones de ese tipo, el resultado no ha sido el esperado respecto de la mayor penetración de nuevas fuentes energéticas, mas aquello se atribuye a otros factores como, por ejemplo, las incertezas políticas (Jacobs et al., 2013). Por otro lado, Zabaloy et al. (2019) desarrollan un estudio comparativo, en el cual se revisa el estado de las políticas de eficiencia energética orientadas al sector residencial en Chile, Uruguay, Argentina y Brasil, concluyendo que, existe una relación directa entre la implementación exitosa de estas regulaciones y el contexto de cada país (Zabaloy, Recalde y, Guzowski, 2019).

1 Feed-in-Tariff (FIT): Son mecanismos de política orientados a acelerar la inversión en sistemas y tecnologías de energía renovable. Los productores de energía generada a partir de fuentes renovables pueden venderla mediante contratos de largo plazo. Generalmente, el precio de venta convenido depende de la tecnología empleada. Así, el objetivo principal del FIT es garantizar el pago por la inversión que ha hecho el productor (en un tiempo razonable), disminuyendo la incerteza de los proyectos y generando un incentivo (Clark, 2018; Jacobs et al., 2013).

ANÁLISIS DE DATOS 2007-2017

De acuerdo con registros históricos de la OLADE, se ha monitoreado la evolución de las matrices de energía eléctrica de 27 países de ALC para el período comprendido entre 2007 y 2017, ellos son: Argentina (AR), Barbados (BB), Belice (BZ), Bolivia (BO), Brasil (BR), Chile (CL), Colombia (CO), Costa Rica (CR), Cuba (CU), Ecuador (EC), El Salvador (SV), Granada (GD), Guatemala (GT), Guyana (GY), Haití (HT), Honduras (HN), Jamaica (JM), México (MX), Nicaragua (NI), Panamá (PA), Paraguay (PY), Perú (PE), República Dominicana (DO), Surinam (SR), Trinidad y Tobago (TT), Uruguay (UY) y Venezuela (VE). La figura 1 muestra, en términos proporcionales, cómo se compone la matriz energética de la región a lo largo de la década bajo análisis. Vale destacar que, la capacidad instalada aumenta en un 50%, pasando de 277,100 MW en 2007 a 414,644 MW en 2017 (OLADE, 2019). Es preciso aclarar que, en lo sucesivo se analiza la hidroelectricidad (independiente del tamaño o tipo de tecnología) de forma separada del resto de las fuentes renovables², pues la región tiene basta tradición en el uso de este recurso, por lo tanto, vale la pena revisar de forma parcelada, la evolución de él a lo largo del tiempo y, a la vez, observar la introducción de las fuentes solar, eólica, geotérmica y térmica renovable (como elemento emergente).

A partir del año 2010 la instalación de sistemas de energía eólica y solar fotovoltaica comienzan un sostenido y ambicioso incremento, yendo desde 1,513 MW de capacidad instalada

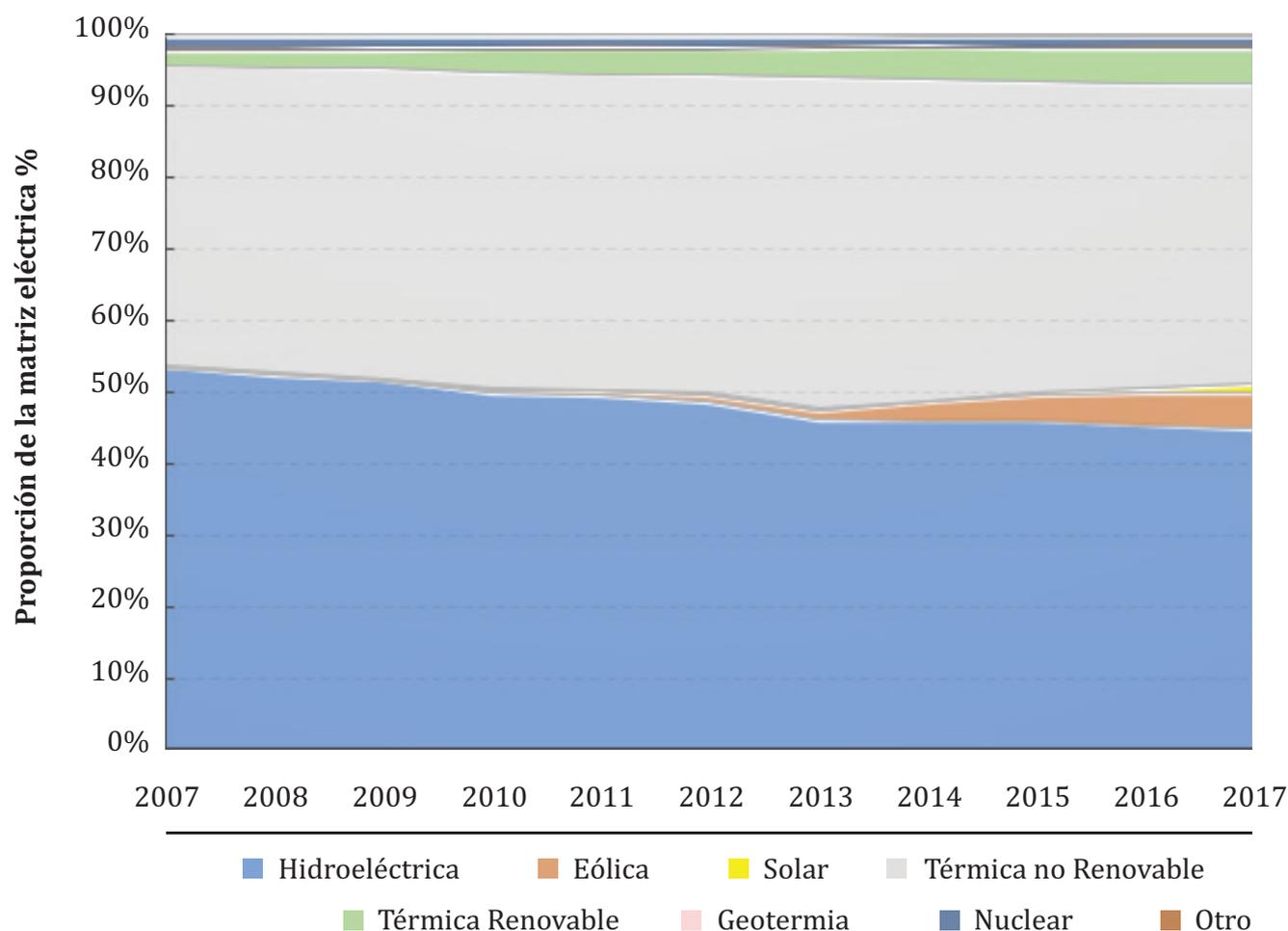
² Se hace aquel alcance, puesto que, en general (dependiendo de la definición adoptada) pequeñas centrales hidroeléctricas ingresan dentro del concepto de energías renovables no convencionales. Mientras que, centrales hidroeléctricas de gran tamaño se consideran energía renovable, pero del tipo convencional (Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción; Subsecretaría de Economía Fomento y Reconstrucción, 2008; *Organization of American States*, 1987).

(entre ambas) en 2010 a 26,013 MW en 2017. El incremento es significativo, pues se trata de un crecimiento de 1,619% (24.500 MW), no obstante, aún representan una pequeña porción de la capacidad total instalada en la región, el 6.3% en 2017. Por otro lado, el año 2017 un 45% de la matriz regional corresponde a hidroelectricidad, mientras que, un 41.9% está constituido por energía térmica no renovable. En relación a ello, el informe *World Energy Trilemma Index* (2019) de la *World Energy Council* (WEC) sostiene que, existe una gran vulnerabilidad respecto de condiciones climáticas, pues no se dispone de una diversificación de la matriz que permita anteponerse y/o superar problemáticas como las sostenidas sequías o fenómenos como El Niño y La Niña (*World Energy Council*, 2019).



Foto de Mariana Proença en Unsplash.

Figura 1. Composición histórica 2007-2017 porcentual de la matriz de energía eléctrica de 27 países de Latinoamérica y el Caribe.



Fuente: Elaboración del autor con datos de OLADE (2019).

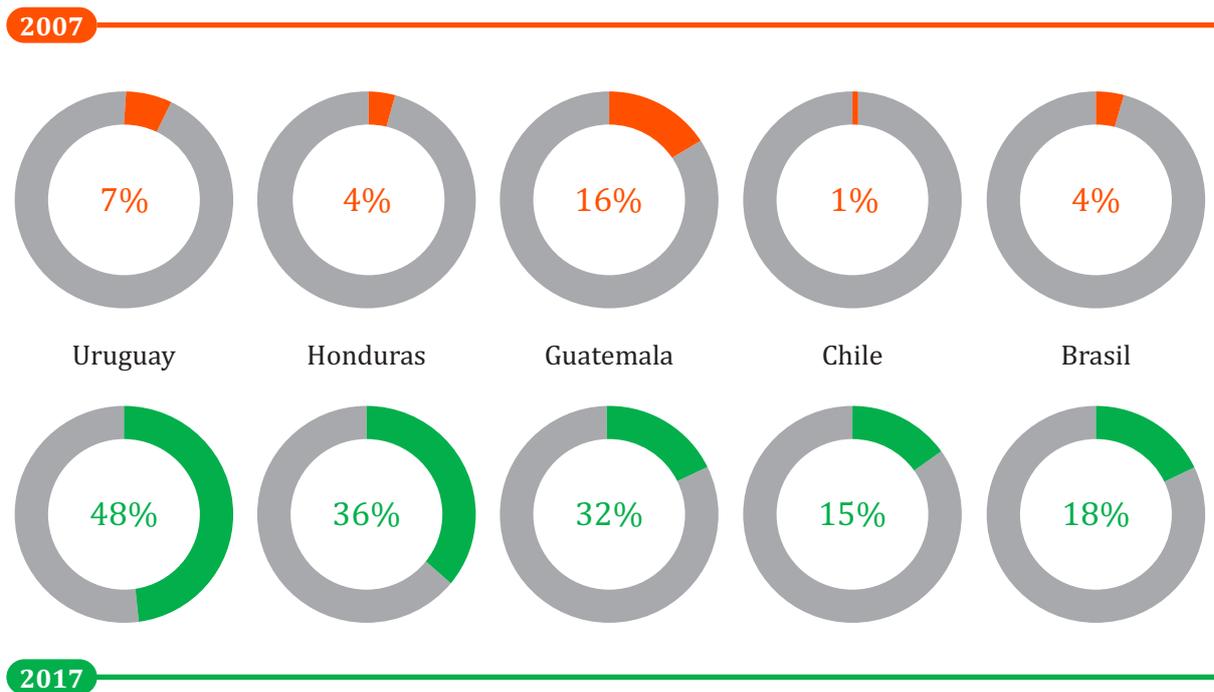
Vale destacar que, en general, la región de ALC posee tecnología energética limpia, pues de los 1,751,295 Gg de CO₂ emitidos en 2017, sólo el 22% provenían de la generación de electricidad (OLADE, 2019). Ese mismo año, 11 de los 27 países analizados presentan una matriz eléctrica compuesta por sobre un 50% en base a hidroelectricidad, energía solar, eólica, térmica renovable y geotermia. Luego, destacan Paraguay con un 99.9% de su matriz eléctrica en base a hidroelectricidad, y Costa Rica, Brasil y Uruguay, con un 84%, 82% y 82% de su set energético compuesto por una mixtura entre energía solar, eólica, biomasa, geotermia e hidro-

electricidad. En la vereda opuesta, para el mismo año, ocho países poseen sobre un 80% de la tecnología eléctrica instalada en base a termo-electricidad de combustible fósil, ellos son: Barbados, Cuba, Granada, Guyana, Haití, Jamaica, República Dominicana y Trinidad y Tobago. Tal como han diagnosticado Niles y Lloyd (2013), un grupo importante de islas caribeñas presentan dependencia de la importación de combustibles fósiles, por lo tanto, se hace urgente dirigir los esfuerzos hacia la incorporación de nuevas fuentes energéticas en aquella subregión (Niles y Lloyd, 2013).

La década 2007-2017 se tradujo en mudanzas para algunos países que viraron hacia la introducción de tecnología basada en fuentes renovables no convencionales, dejando atrás el interés por continuar desarrollando proyectos térmicos convencionales. Así, los países que mayor variación en la composición de sus matrices (con inclinación hacia las energías renovables, exceptuando hidroelectricidad) experimentaron fueron: Uruguay, Honduras, Guatemala, Chile y Brasil. En la figura 2 es posible notar que, Uruguay el año 2007 sólo tenía un 7% de su matriz compuesta por energías renovables (exceptuando

hidroelectricidad), y luego, en 2017, esa cifra aumentó a un 48%. Un caso particular en la región es Ecuador, cuya matriz experimentó un viraje hacia la hidroelectricidad, así la capacidad instalada a partir de esta fuente en 2007 representaba el 46% del total del set tecnológico, mientras que, en 2017 aquella proporción llegó al 56%. Otro caso que llama la atención es Venezuela, país que se ha inclinado hacia la termoelectricidad, y que en el período estudiado prácticamente duplica su capacidad instalada en base a tecnologías de ese tipo, pasando de 7,943 MW a 16,722 MW térmicos instalados.

Figura 2. Los cinco países que desarrollaron la mayor mudanza hacia tecnologías renovables (exceptuando hidroelectricidad) durante el período 2007-2017. Proporción renovable en la matriz eléctrica.



Fuente: Elaboración del autor con datos de OLADE (2019).

En términos de MW instalados, los países que más tecnología renovable no convencional (sin considerar hidroelectricidad) incorporaron durante la década fueron Brasil, México, Chile, Uruguay y Guatemala con 23,864 MW, 6,559 MW, 3,573 MW, 2,006 MW, y 958 MW respectivamente. En México, Brasil y Uruguay

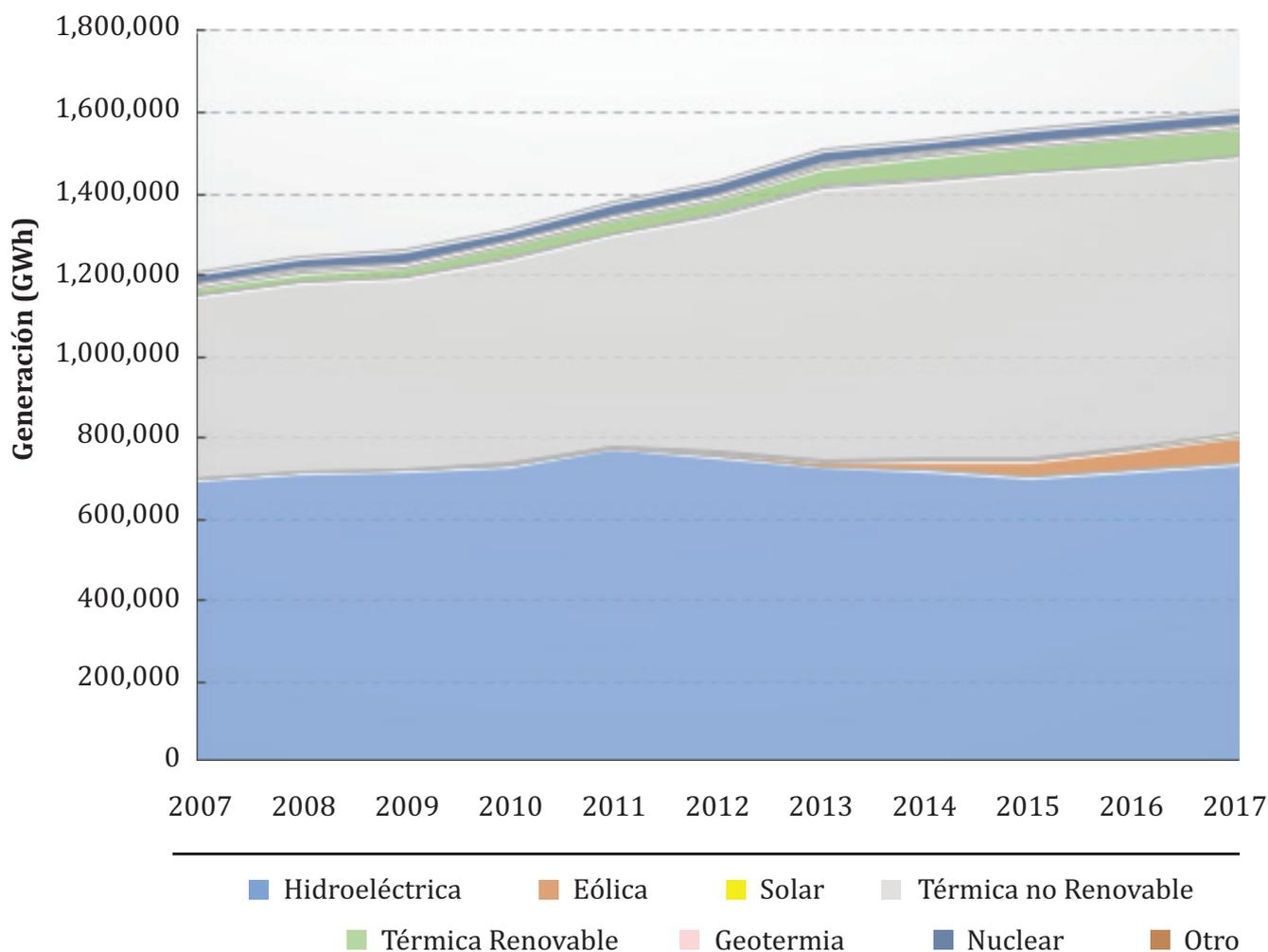
existe una tendencia hacia el aprovechamiento eólico, mientras que, en Chile el interés se dirige hacia el recurso solar; Guatemala por su parte, ha aprovechado la fuente térmica renovable.

Respecto de la producción de electricidad, la década experimenta un crecimiento de 33%, el

cual es satisfecho principalmente por la incorporación de generación en base a fuentes de energía solar, eólica y térmica renovable, además de un aumento del 52% en la producción en base a combustible fósil. Aun cuando la capacidad instalada de hidroelectricidad crece, la producción hidro-

eléctrica sólo lo hace en un 6%, lo cual da cuenta de la influencia climática y sequías. En consecuencia, es necesario cuestionar la expansión de la matriz en base a esta fuente, pues, por más que se disponga de capacidad instalada, la ausencia del recurso hídrico hace ineficiente esta vía (ver figura 3).

Figura 3. Generación de electricidad por fuente entre 2007-2017 en 27 países de Latinoamérica y el Caribe.



Fuente: Elaboración de los autores con datos de OLADE (2019).

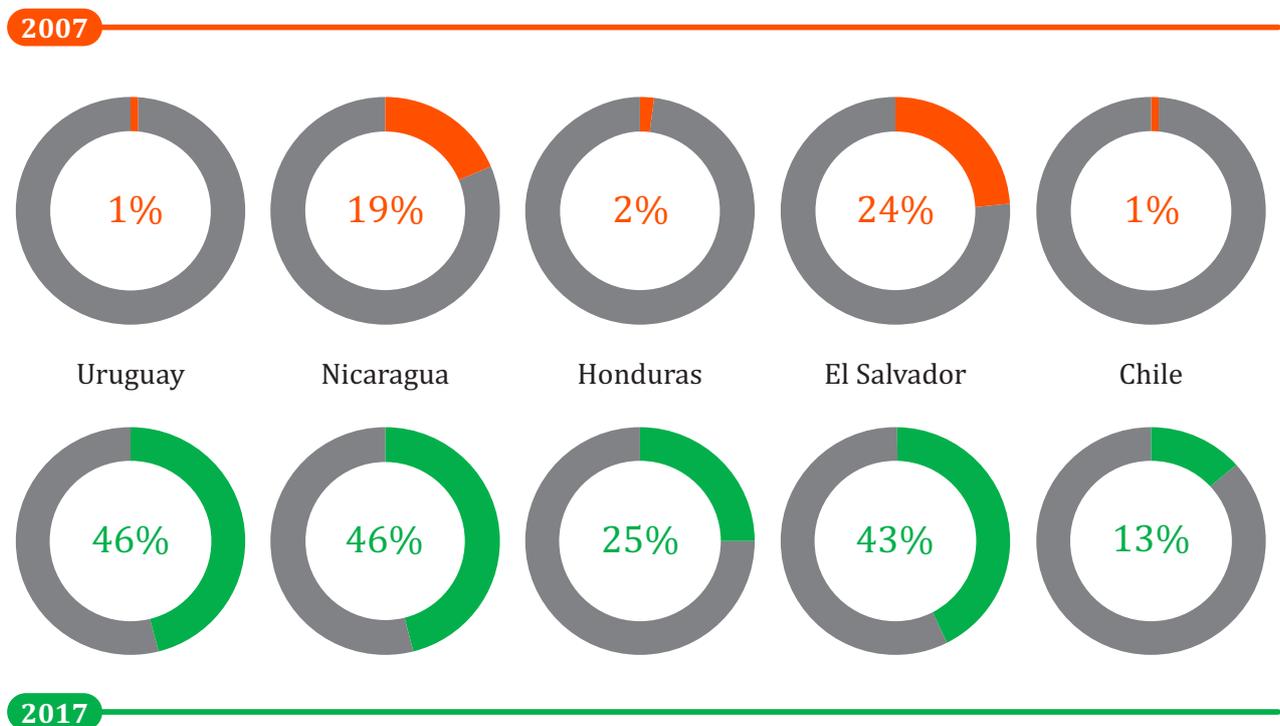
En 2017, 15 de los 27 países analizados generan sobre un 50% de su electricidad en base a hidroelectricidad, energía solar, eólica, térmica renovable y geotermia. Luego, cinco casos destacan; Paraguay produce el 100% de su elec-

tricidad en base a hidroelectricidad, mientras que, Costa Rica, Uruguay, Colombia y Brasil, generan un 100%, 98%, 87% y 87% mediante una mixtura entre el recurso hídrico, energía solar, eólica, térmica renovable y/o geotermia.

Los países que tuvieron mayor variación en la producción de electricidad (con inclinación hacia las energías renovables, exceptuando hidroelectricidad) fueron: Uruguay, Nicaragua, Honduras, El Salvador y Chile. En la figura 4 es posible notar que, Uruguay el año 2007 generaba sólo un 1% de electricidad con fuentes de energía renovables no convencionales, exceptuando hidroelectricidad (solar, eólica, y térmica renovable), pasando a producir un

46% en base a estas fuentes en 2017. En Venezuela, así como se ha instalado mayor capacidad térmica, también se ha producido un incremento en la generación de electricidad en base a esta fuente, yendo desde 30,532 GWh en 2007 a 51,800 GWh en 2017. Es preciso mencionar que, entre el período 2007-2017, nueve países lograron reducir la producción de energía termoeléctrica, ellos se presentan en la tabla 1.

Figura 4. Los cinco países que desarrollaron la mayor mudanza hacia la producción de electricidad con tecnologías renovables (exceptuando hidroelectricidad) durante el período 2007-2017. Proporción renovable en la generación eléctrica.



Fuente: Elaboración de los autores con datos de OLADE (2019).

Para finalizar este capítulo, vale señalar que en la década estudiada seis países han destacado por ampliar la proporción de la población con acceso a la electricidad, ellos son: Nicaragua (incrementa de 60.4% a 94%), Bolivia (incrementa de 69.54% a un 90.7%), Honduras (incrementa de 57.05% a 77.21%), Perú (incrementa de 79.5% a 96%); Guyana (incrementa de 78.06% a 88.8%),

y Guatemala (incrementa de 84.7% a 92.26%). No obstante, en 2017 aún existen casos preocupantes como el de Haití, Honduras y Guayana, con sólo un 38.7 %; 77.2%; y 88.8% de electrificación, respectivamente. Cabe señalar que, en Haití el 46.6 % de la población habita en zonas rurales, lo cual, podría explicar el retraso experimentado en esta materia (Messina y Contreras, 2019).

Tabla 1: Reducción de generación termoeléctrica (2007-2017).

País	Generación Térmica 2007 GWh	Generación Térmica 2017 GWh	Reducción GWh	Reducción Porcentual %
SV	2,686	1,399	-1,286	-48%
UY	1,225	250	-975	-80%
EC	8,079	7,375	-705	-9%
CR	722	37	-685	-95%
CO	9,265	8,656	-608	-7%
GT	3,942	3,460	-482	-12%
NI	2,279	1,994	-285	-12%
HN	3,937	3,911	-26	-1%
BB	1,048	1,041	-8	-1%

Fuente: Elaboración del autor con datos de OLADE (2019).

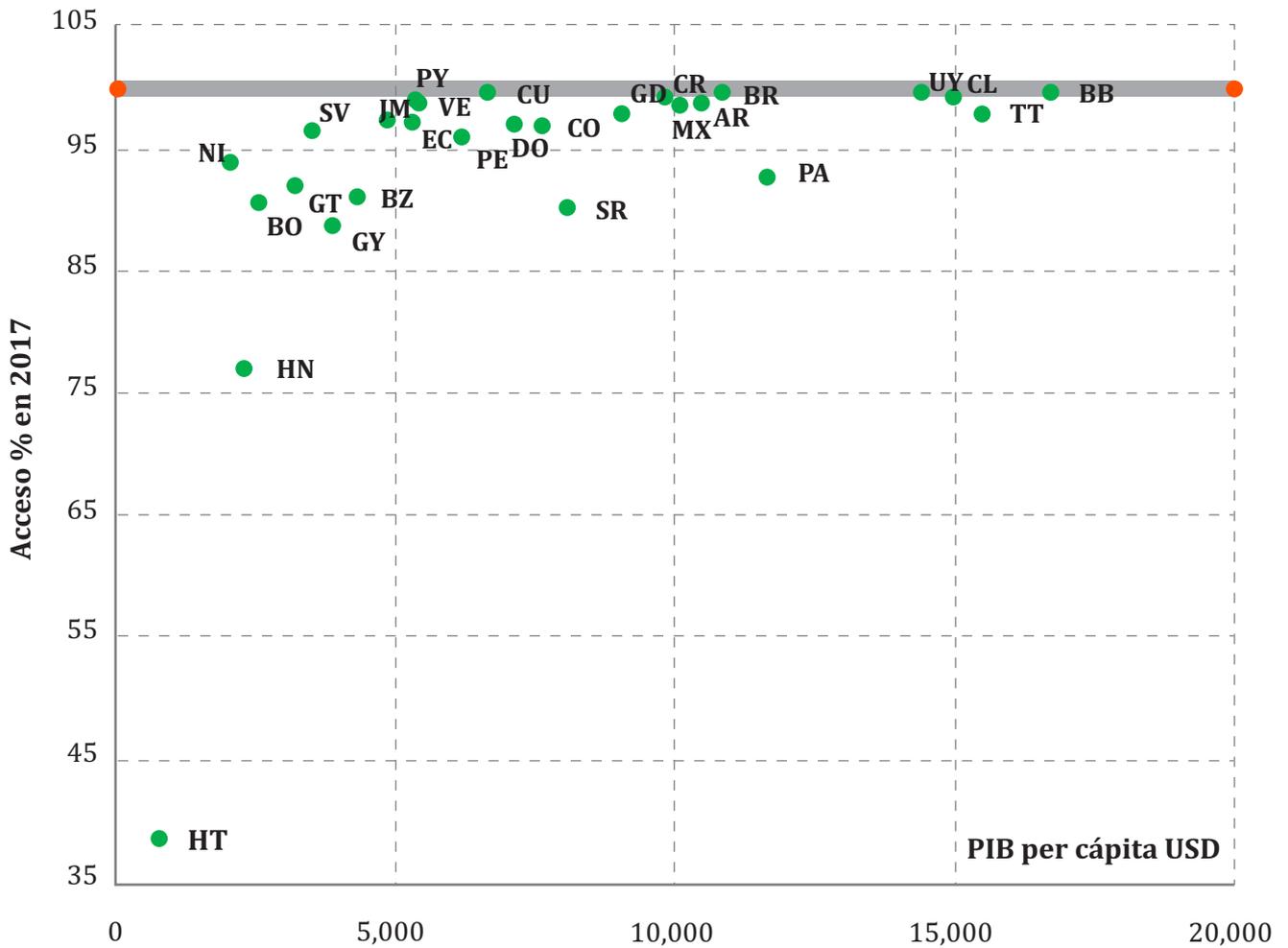
Según el informe de Sostenibilidad Energética en América Latina y el Caribe (2019) de la CEPAL, 14 millones de personas en 2016 aún no tenían acceso a la electricidad en la región, y se pronostica que la electrificación universal podría lograrse sólo en 2030 (Messina y Contreras, 2019). En la figura 5 se muestra cuál es la relación entre los ingresos per cápita

de los países de la región y el nivel de electrificación, visualizando que países con mayor ingreso generalmente tienen mejores índices de acceso a la electricidad, sin embargo, no es el único factor, pues hay los casos en donde ambas variables no se condicen, como por ejemplo Cuba, de bajo ingreso per cápita y de alta tasa de acceso.



Entendiendo que la energía es un elemento transversal dentro del contexto actual, urge hallar nuevas rutas y alternativas sistémicas para el desarrollo sostenible de los sistemas de energía eléctrica en la región de ALC.

Figura 5: Acceso a la energía eléctrica en % versus PIB per cápita en USD de 2017.



Fuente: Elaboración del autor con información de Naciones Unidas (2019); OLADE (2019).

ALTERNATIVAS SISTÉMICAS

Para entender el contexto que acompaña la década 2007-2017, vale la pena citar al economista Manfred Max-Neef, quien en 2010 plantea que el mundo enfrenta una crisis que va más allá de lo meramente económico-financiero. Esta crisis es una crisis de la humanidad que se caracteriza por cuatro elementos fundamentales: el cambio climático inducido por la actividad humana (antropogénico (Rockström et al., 2009)), el encarecimiento de las formas de energía convencionales, el agotamiento de recursos básicos fundamentales y una gigantesca burbuja especuladora (Max-Neef, 2010).

Dicho aquello, y entendiendo que la energía es un elemento transversal dentro del contexto actual, urge hallar nuevas rutas y alternativas sistémicas para el desarrollo sostenible de los sistemas de energía eléctrica en la región de ALC. Una transición hacia la sostenibilidad se dará si la complejidad de sistemas integrados tiene la capacidad de avanzar hacia mudanzas que garanticen el bienestar ecosistémico.

Comunidades energéticas

La investigadora griega Dimitra Koumparou comparte el diagnóstico de la crisis de la civilización moderna, afirmando que los efectos ocasionados por la emisión desproporcionada de Gases de Efecto Invernadero (GEI) impactan fuertemente a todo organismo viviente. Asimismo, el cambio climático originado por la sociedad neoliberal y los estilos de vida aparejados a ello han introducido una importante cuota de inequidad e injusticia. Si la sustentabilidad logra estar en el núcleo de las políticas ambientales, por antonomasia, debiera existir una reestructuración social, tanto en países desarrollados como en aquellos que se encuentran en vías de desarrollo. Para construir una sociedad post carbón, es imprescindible un reordenamiento en materia socio tecnológica y socio ecológica. En consecuencia, una nueva configuración lograría romper con la dependencia de la explotación de recursos energéticos sucios (Koumparou, 2018).

Si una revolución energética se pone en marcha, entonces, deberían tener lugar nuevas formas de gobernanza, nuevas instituciones y una nueva estructura social y sistémica. De ahí que, una nueva configuración debiera considerar tecnologías descentralizadas y bajas en emisiones, así como la participación de nuevos actores; luego, en este contexto emergen las Comunidades Energéticas. La Unión Europea (EU) posee, en su regulación, dos definiciones para las Comunidades Energéticas, ellas son: Comunidades Energéticas Renovables y Comunidades de Energía Ciudadana. Las primeras, son organizaciones de consumidores finales, principalmente residenciales, con derecho a producir, almacenar y vender energía generada en base a fuentes renovables, dicha producción puede ser consumida por la misma comunidad o vendida en alguno de los mercados disponibles. Las segundas, al no acotar su definición a la condicionalidad de producción renovable ni a la presencia de clientes domésticos, abarcan un espectro mayor y, asimismo, poseen un campo de actuación más amplio (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2018, 2019).

Cabe destacar que, la Directiva 2018/ 2001 del Parlamento Europeo propone cubrir un 32% del consumo energético final bruto (de los países miembros de la UE) en 2030 mediante energía procedente de fuentes renovables. En este contexto, las Comunidades Energéticas Renovables juegan un rol fundamental, pues, son uno de los instrumentos empleados para alcanzar la meta señalada. En su artículo 22, la Directiva sugiere a los estados miembros facilitar la creación, establecimiento e inserción de estas entidades dentro de sus sistemas, favoreciendo principalmente a clientes domésticos y pequeñas empresas que empleen recursos energéticos renovables. Incluso, se abre la puerta para la creación de comunidades transfronterizas dentro de los países participantes, dando paso a una nueva forma de integración (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2018).

Un caso particular es el de Grecia, donde la Ley 4513/2018 (*Energy Communities and Other Provisions*) introduce un marco institucional para el establecimiento y operación de las Comunidades Energéticas, con el objetivo de promover la economía social, solidaria e innovación, al mismo tiempo que, procura aumentar la eficiencia en el consumo final a nivel local y regional, el uso de recursos renovables para la producción de energía y los sistemas de cogeneración de alta eficiencia (Koumparou, 2018; Symeonides, 2018).

Integración Latinoamericana

Luego de explorar la composición de la matriz de energía eléctrica del continente y atendiendo a la revisión de la literatura, es posible afirmar que, existe una diversidad de recursos que bien podrían garantizar la satisfacción de los requerimientos energéticos de manera sostenible, sin embargo, se ha observado que cada país dirige sus esfuerzos políticos y sociotécnicos de manera aislada, en ausencia de cooperación e integración. Luego, urge fomentar la innovación, transferencia tecnológica, experiencias sociales, esfuerzos económicos y, desde luego, acuerdos políticos que hagan viable una transición hacia sistemas bajos

en emisiones, técnicamente robustos, resilientes y socialmente aceptados. La integración de los sistemas de electricidad en ALC garantizaría seguridad de suministro, eficiencia económica y calidad ambiental (Ochoa, Dyner y Franco, 2013).

La construcción de un espacio institucionalizado para la integración energética de Sudamérica siempre ha estado en la agenda, pero ello no se ha materializado y, en consecuencia, se ha fomentado la toma de decisiones unilaterales que sólo buscan atender el bienestar nacional (Carrizo y Velut, 2018). Es posible que, el no establecimiento de un espacio común tenga origen en la inestabilidad política y preconceptos culturales (Morales Udaeta et al., 2015). No obstante, es imperioso dejar atrás la visión de la energía como un elemento soberano para el desarrollo propio y, en su lugar, debe instalarse la integración como oportunidad para compartir beneficios técnicos, económicos y bienestar social. Mas, en general, Sudamérica ha dejado la energía en manos de la administración del libre mercado, creyendo que así se garantizaría la eficiencia, calidad y precios bajos; sin embargo, los problemas de inequidad permanecen (Castro y Rosental, 2017).

Cabe desatacar que, para finales del año 2013 comenzó a operar en plenitud el Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central (SIEPAC), un corredor eléctrico que une a los países de Panamá, Costa Rica, Honduras, Nicaragua, El Salvador y Guatemala. Esta experiencia muestra que la conectividad permite enfrentar eventos climáticos como las sequías, no obstante, una tarea pendiente es la armonización de los marcos regulatorios (Kieffer et al., 2016). Pese a que se registran otras interconexiones operativas en el resto del continente, aún existen zonas de aislamiento (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2015).

Finalmente, el desarrollo de normativas y lineamientos estratégicos comunes para países que integren acuerdos o nuevas organizaciones, como en la UE, es un ejemplo que vale la pena revisar. En particular, el artículo 194 del Tratado

de Funcionamiento de la UE fija una base legal para el campo de la energía dentro de los países miembros. Luego, a partir de ello, son desarrolladas indicaciones, normas financieras, regulaciones para el mercado energético y recopilación de datos y estadísticas, entre otros elementos, que sientan un conducto básico para una operación homogénea e integrada. El enfoque de la UE se acerca al de una Supernacionalidad, donde los temas de atingencia general son resueltos por el cuerpo institucional compuesto por todas las naciones involucradas (Castro y Rosental, 2017; Unión Europea, 2020).



Buen Vivir

En Latinoamérica, los pueblos quechua y aimara propusieron el Buen Vivir, un estilo de vida que ha sido recogido en la actualidad por las Constituciones de Bolivia y Ecuador. El *Sumak Kawsay* (en quechua) o *Suma Qamaña* (en aimara) es una oportunidad para construir una forma de vida colectiva, comunitaria y en armonía con la naturaleza. Así, basándose en el Buen Vivir, Ecuador reconoce constitucionalmente a la Naturaleza como sujeto de derecho en 2008, ello como una postura biocéntrica que acepta que el medio ambiente (todos los ecosistemas y seres vivos) posee un valor intrínseco y ontológico, inclusive cuando no tiene utilidad para el ser humano. De la misma manera, Bolivia otorga un lugar constitucional a la Pacha Mama en 2009 (Acosta, 2016).

El Buen Vivir propone una cosmovisión diferente de la occidental, puesto que, surge de raíces comunitarias no capitalistas. Igualmente, rompe con las lógicas antropocéntricas del capitalismo como civilización dominante y, también, con diversos socialismos reales, y en su lugar, propone una perspectiva sociobiocéntrica. No olvidar que, tanto socialismos como capitalismo han girado en torno a la idea del progreso y desarrollo extractivista (Acosta, 2016). El Buen Vivir tiene cinco elementos fundamentales: su visión del todo o de la Pacha³, la convivencia en la multipolaridad, la búsqueda del equilibrio, la complementariedad de la diversidad y la descolonización (Solón, 2019).

Desde el análisis del Buen Vivir, Acosta (2016) señala que no se trata de producir cada vez más energía para satisfacer una demanda siempre creciente. Tampoco, es suficiente con sustituir el uso de combustibles fósiles por energías más limpias, sino que, es imperioso desarrollar un cambio cultural hacia el uso eficiente del bien. Así, otros patrones de producción, consumo, distribución, control y transmisión debieran ser implementados, mas entendiendo este recurso no sólo como una simple mercadería, sino como un derecho. El uso de combustibles fósiles y la degradación del medio ambiente que ha ido aparejada a él tienden a un método de operación centralizado, lo que ha desencadenado severas desigualdades alrededor del mundo. En su lugar, la energía solar, distribuida, limpia y democrática podría ir en la dirección del Buen Vivir.

3 Pacha es el “todo” en movimiento constante, el cosmos en permanente evolución. Pacha no es sólo el mundo de los humanos, de los animales y plantas; es también el mundo de encima (*hanaq pacha*), habitado por el sol, la luna y las estrellas; es también el mundo de abajo (*ukhu pacha*), donde viven los muertos y los espíritus. Para el Buen Vivir está todo interconectado en forma de unidad (Solón, 2019).

COMENTARIOS FINALES

La década comprendida entre 2007 y 2017 trae consigo una evidente pero insuficiente diversificación de la matriz de energía eléctrica en la región de ALC. En términos generales, la incorporación de 40,844 MW de capacidad en base a energía solar, eólica, geotérmica y térmica renovable es un elemento emergente que se evalúa de manera positiva, no obstante, la demanda por electricidad continúa creciendo y, así la generación en base a combustibles fósiles también ha mostrado un aumento de 52%, asunto preocupante si se persigue transitar hacia un sistema con menor cantidad de emisiones.

Puesto que el foco de este artículo ha sido la observación del fenómeno acaecido en ALC, respecto del tránsito hacia un sistema eléctrico que emplee fuentes energéticas sostenibles, vale la pena destacar que, bajo la definición de York y Bell (2019), aún es discutible, en términos globales para la región, definir el proceso experimentado entre 2007 y 2017 como una transición energética. Esto porque, como se ha mencionado anteriormente, a pesar de que se introducen nuevas tecnologías de generación renovable, la producción de electricidad a partir del uso de combustibles fósiles se incrementa en 52%. No obstante, en lo particular, nueve países destacan por reducir su generación termoeléctrica convencional, en consecuencia, en estos casos sí podría referirse a un real proceso de transición de sus sistemas de energía eléctrica, ellos son: El Salvador, Uruguay, Ecuador, Costa Rica, Colombia, Guatemala, Nicaragua, Honduras, Barbados. Luego, es necesario explicitar que, de estos, sólo Uruguay y Honduras reducen también la generación hidroeléctrica, con lo cual, el viraje experimentado es hacia las nuevas fuentes de energías renovables no convencionales solar, eólica, térmica renovable y/o geotérmica. Ecuador y Guatemala experimentan un viraje a la hidroelectricidad y, finalmente, Costa Rica, Colombia, Nicaragua, Barbados y el Salvador sustituyen la generación termoeléctrica por una mixtura entre energía hidroeléctrica, solar, eólica, térmica renovable y/o geotermia.

Vale destacar que, si se analiza la composición de las matrices de los países estudiados, durante la década bajo examen, Uruguay, Honduras, Guatemala, Chile y Brasil son los que tuvieron una mayor mudanza hacia la introducción de tecnología basada en fuentes renovables solar, eólica, térmica no renovable y/o geotermia, en desmedro de proyectos térmicos. El caso más relevante es Uruguay, que el año 2007 tenía un 7% de su matriz compuesta por energías renovables (exceptuando hidroelectricidad) y, luego en 2017, esa cifra aumentó a un 48%, lo cual se tradujo en la reducción de generación en base a termoelectricidad convencional e hidroelectricidad, lo mismo acontece con Honduras. Es preciso continuar avanzando en esta dirección, pues como lo señala la literatura, es posible continuar incrementando el uso de fuentes renovables, sino también se requiere de disposición política para desarrollar marcos regulatorios favorables a estas tecnologías y un cambio cultural hacia el manejo eficiente de los recursos.

La región aún requiere de mayores volúmenes de electricidad para garantizar la cobertura total de la población, pues en 2016, 14 millones de personas aún no tenían acceso al bien, mas es imperioso que ellos sean producidos por fuentes de baja emisión, dado el contexto mundial que busca enfrentar el cambio climático de origen antropogénico. Casos preocupantes son los de Haití y Honduras, donde la electrificación sólo alcanza un 38.7 % y 77.2%, respectivamente, teniendo además, los menores niveles de ingreso per cápita de la región, elemento que intensifica aquella problemática. A partir de lo anterior, cabe señalar que, este trabajo, además de visualizar el proceso experimentado por el subcontinente, en términos de sustitución tecnológica, ha pretendido exponer que el período de cambios que enfrenta ALC no sólo tiene tintes técnicos, sino que además lleva aparejado una compleja componente social que se manifiesta en la pobreza energética, temática que es propuesta para un abordaje más íntegro en próximas publicaciones. Como manifiesta Koumparou

(2018), la transición energética tendrá lugar mientras las sociedades jueguen un rol activo.

Finalmente, cabe aclarar que, este artículo no acaba con la exploración del fenómeno acaecido en la región de ALC durante 2007-2017, desde el punto de vista de las fuentes energéticas, sino que además, a partir del diagnóstico hallado, propone tres alternativas para el desarrollo de los sistemas de electricidad. Lo esencial de esta sección es que las tres propuestas tienen distinto origen, tanto desde lo científico, como desde lo meramente geográfico e histórico. No obstante, ellas no son excluyentes ni tampoco son planteamientos inamovibles, es decir, están abiertas a la permanente modificación y también abren la puerta para futuras investigaciones en la materia. Esta mixtura entre el análisis del proceso de mudanza de la región (que dirige el trabajo desarrollado) adosada a propuestas inter, trans y multidisciplinarias buscan ser el principal aporte de esta publicación.

Como se ha señalado, las Comunidades Energéticas tienen origen en Europa, y lo hacen en un ambiente donde las Ciudades Inteligentes son una realidad, dada la disponibilidad de infraestructura y tecnología, pero su aplicabilidad tiene plena vigencia para ALC, pues el elemento central de esta alternativa radica en la agrupación y colectividad entre los agentes consumidores para administrar y también para producir energía eléctrica. El fomento de esta alternativa bien puede hacer los sistemas de la región más eficientes y sostenibles. Luego, otra alternativa que se plantea es la integración de las redes eléctricas de la región, bajo un contexto que permita los intercambios energéticos entre naciones y que cuente con marcos regulatorios compatibles y con alineaciones de política energética regionales. Se destaca la interconexión de América Central, sin embargo, para replicar el proyecto en otras subregiones se requiere de mayor atención respecto de aspectos culturales, ambientales y sociales, con objeto de preservar el patrimonio. Finalmente, El Buen Vivir va más allá de ser sólo una alternativa para los sistemas

eléctricos, este planteamiento es una forma de desenvolvimiento de las sociedades que tiene origen en los propios pueblos originarios de la región andina y, que con distintos nombres, ha logrado trascender a través de los años. Hoy, el Buen Vivir es una alternativa que incita a un cambio de paradigma, obligando a salir del antropocentrismo para virar hacia una perspectiva sociobiocéntrica, lo cual, en efecto puede mixturarse con el desarrollo de Comunidades Energéticas y elementos que configuren sistemas eléctricos amigables con el medio ambiente y los diversos espacios y arreglos sociales.

•••

REFERENCIAS

- Acosta, A. (2016). *O bem Viver*. 4a ed. Sao Paulo: Elefante.
- Aghahosseini, Arman, Dmitrii Bogdanov, Larissa S. N. S. Barbosa y, Christian Breyer. (2019). Analysing the Feasibility of Powering the Americas with Renewable Energy and Inter-Regional Grid Interconnections by 2030. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 105:187-205.
- Carrizo, Silvina y, Sébastien Velut. (2018). Energy Transitions and Regional Integration in South America. pp. 167-87 en *Territorial planning and La Plata Basin borders*, editado por A. P. Cargnin, A. A. Rückert, y B. de O. Lemos. Editora Letra1.
- Castro, Nivalde y, Rosental. [Ed.]. (2017). *Integration and electric energy security in Latin America*. Rio de Janeiro.
- Clark y, Woodrow, W. (2018). Afterword. En *Sustainable Cities and Communities Design Handbook* (pp. 573-83). Elsevier.
- Fouquet, Roger. (2016). Historical energy transitions: Speed, prices and system transformation. *Energy Research & Social Science* 22:7-12.
- Hansen, Paula, Xin Liu y, Gregory M. Morrison. (2019). Agent-based modelling and socio-technical energy transitions a systematic literature review. *Energy Research & Social Science* 49:41-52.
- Howe, Cymene. (2015). Latin America in the anthropocene: Energy transitions and climate change mitigations. *The Journal of Latin American and Caribbean Anthropology* 20(2):231-41.
- Jacobs, Marzolf, Paredes, Rickerson, Flynn, Becker-Birck y, Solano-Peralta. (2013). Analysis of renewable energy incentives in the Latin America and Caribbean Region: The feed-in tariff case. *Energy Policy* 60:601-10.
- Ruiz-Mendoza, Belizza y, Sheinbaum-Pardo. (2010). Electricity sector reforms in four Latin-American countries and their impact on carbon dioxide emissions and renewable energy. *Energy Policy* 38(11):6755-66.
- Kieffer, Ghislaine, López-Peña, Barroso, Ferreira, Muñoz Cabré y, Gomelski. (2016). *Renewable energy market analysis: Latin America*. Abu Dhabi: IRENA.
- Koumparou, D. (2018). *Energy transition: When energy politics meets community*. Athens, Greece: Hellenic Association for Energy Economics.
- Loorbach, D., Frantzeskaki, N. y, Avelino, F. (2017). Sustainability transitions research: Transforming science and practice for societal change. *Annual Review of Environment and Resources* 42(1):599-626.
- Max-Neef, M. (2010). *The world on a collision course and the need for a new economy: Contribution to the 2009 Royal Colloquium*. *AMBIO* 39(3):200-210.
- Messina, D., Contreras, R. (2019). *Sostenibilidad energética en América Latina y el Caribe. Reporte de los indicadores del Objetivo de Desarrollo Sostenible 7. Documento de Proyectos. LC/TS.2019/47*. Santiago, Chile: CEPAL.
- Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción; Subsecretaría de Economía Fomento y Reconstrucción. (2008). *Ley 20.257*.

- Ministerio de Energía del Gobierno de Chile. (2015). *Energía 2050*. Santiago, Chile: Ministerio de Energía del Gobierno de Chile.
- Morales Udaeta, Gomes dos Reis, Baesso Grimoni y, De Abreu Junior. (2015). Energy integration in South America region and the energy sustainability of the nations. *Energy and Power Engineering* 07(05):161-73.
- Naciones Unidas. (2019). CEPALSTAT Estadísticas e Indicadores. Recuperado 20 de noviembre de 2019 (https://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB_CEPALSTAT/estadisticasIndicadores.asp?idioma=e).
- Niles, K., Lloyd, B. (2013). Small island developing states (SIDS) & energy aid: Impacts on the energy sector in the Caribbean and Pacific. *Energy for Sustainable Development* 17(5):521-30.
- Ochoa, C., Dwyer, I. y, Franco, C. (2013). Simulating power integration in Latin America to assess challenges, opportunities, and threats. *Energy Policy* 61:267-73.
- OLADE. (2019). SIELAC - Sistema de Información Energética de Latinoamérica y el Caribe. Recuperado 8 de octubre de 2019 (<http://sier.olade.org>).
- Organization of American States. (1987). *Minimum conflict: Guidelines for planning the use of American humid tropic environments*. Washington, D.C.
- Parker, C. (2018). Energy transition in South America: Elite's views in the mining sector; four cases under study. *Ambiente & Sociedade* 21(0).
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2018). DIRECTIVA (UE) 2018/ 2001 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO - de 11 de diciembre de 2018 - relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. Vol. 2001.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2019). DIRECTIVA (UE) 2019/ 944 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO - de 5 de junio de 2019 - sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y por la que se modifica la Directiva 2012/ 27/ UE. Vol. 944.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F., Lambin, E., Lenton, T., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H., Nykvist, B., Wit, C., Hughes, T., Van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P., Costanza, P., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R., Fabry, V., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. y, Foley, J. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461(7263):472-75.
- Sheinbaum-Pardo, C., Ruiz, B. (2012). Energy context in Latin America. *Energy* 40(1):39-46.
- Solón, P. (Ed). (2019). *Alternativas sistêmicas*. Sao Paulo: Elefante.
- Symeonides, M. T. (2018). *Electricity - Greek law digest - The official guide to Greek law*. Recuperado 18 de noviembre de 2019 (<http://www.greeklawdigest.gr/topics/energy-minerals/item/91-electricity>).
- Unión Europea. (2020). *Derecho de la Unión Europea. Energía - EUR-Lex*. Recuperado 31 de marzo de 2020 (https://eur-lex.europa.eu/summary/chapter/energy.html?locale=es&root_default=SUM_1_CODED%3D18).
- World Energy Council. (2019). *World Energy Trilemma Index 2019*.
- York, R., Bell, S. E. (2019). Energy transitions or additions? Why a transition from fossil fuels requires more than the growth of renewable energy. *Energy Research & Social Science* 51:40-43.
- Zabaloy, M. F., Recalde, M. Y. y, Guzowski, C. (2019). Are energy efficiency policies for household context dependent? A comparative study of Brazil, Chile, Colombia and Uruguay. *Energy Research & Social Science* 52:41-54.