



Hacia la complementariedad energética regional: un reto para la Educación en materia de energía

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 413-428. ISSN 1390-9304

Hacia la complementariedad energética regional: un reto para la Educación en materia de energía

Ing. Juan Carlos Jiménez Villareal¹, Ricardo Vázquez Bermúdez²

1 MEER jcjimenez7@hotmail.com

2 UNIVECAP ricardovazquez.masterelectrico@gmail.com

RESUMEN

Mucho se ha hablado de complementariedad en el mundo, pero cuando se trata de fuentes de energía a nivel regional, es un proceso aún pendiente en Sudamérica. Ha sido objetivo de esta investigación encontrar las respuestas a: ¿Cómo se considera la complementariedad energética en el proceso de integración de Sudamérica? ¿Cuánto se ha avanzado en la relación entre interconexión eléctrica, integración y complementariedad energética de la región? ¿Ejemplifica el caso de Ecuador, la necesidad de análisis de complementariedad de fuentes de energía entre países vecinos? La investigación se centralizó en una recopilación y revisión bibliográfica- documental sobre el tema, para lo cual se utilizaron cuatro gestores bibliográficos: Google Académico, Publish or Perish, Science Direct y Scopus. Se revisaron los proyectos de interconexión eléctrica en la región, como un componente de la integración regional, siendo la complementariedad de las fuentes de energía eléctrica de toda la región, una necesidad e ingrediente fundamental para lograr la integración energética sudamericana, lo cual se demostró con el caso de Ecuador.

Palabras claves: Complementariedad energética, educación energética, seguridad energética, interconexión eléctrica, generación eléctrica.



Towards regional energy complementarity: a challenge for energy education

ABSTRACT

Much has been said about complementarity in the world, but when it comes to energy sources at the regional level, it is a process still pending in South America. It has been the objective of this research to find the answers to: How is energy complementarity considered in the South American integration process? How much progress has been made in the relationship between electricity interconnection, integration and energy complementarity in the region? Does Ecuador's case exemplify the need for complementarity analysis of energy sources between neighboring countries? The research was centered on a bibliographical-documentary compilation and revision on the subject, for which four bibliographic managers were used: Google Academic, Publish or Perish, Science Direct and Scopus. Energy interconnection projects in the region were reviewed as a component of regional integration, with the complementarity of electric energy sources throughout the region being a fundamental need and ingredient for achieving South American energy integration. This was demonstrated by the case of Ecuador.

Keywords: Energy Complementarity, Electrical Integration, Energy Security, Electrical Interconnection, Electrical Generation.



1. INTRODUCCIÓN

El concepto de complementariedad se ha revaluado en los últimos tiempos, incluyendo aspectos sociales, económicos, medioambientales y también en términos energéticos; sin embargo, es un tema poco considerado en Latinoamérica y el Caribe con excepción de algunos países, donde Ecuador ha tenido experiencias importantes.

¿Cómo se considera la complementariedad energética en el proceso de integración de Sudamérica? ¿Cuánto se ha avanzado en la relación entre interconexión eléctrica, integración y complementariedad energética de la región? ¿Ejemplifica el caso de Ecuador, la necesidad de análisis de complementariedad de fuentes de energía entre países vecinos? Este es el tipo de preguntas que se intenta responder con esta investigación, a través de un estudio exploratorio cualitativo, descriptivo y analítico, de las experiencias internacionales y lo avanzado en el tema a nivel regional y de país.

Son varios los estudios que se han realizado sobre complementariedad energética en el mundo, Ñustes y Riviera la definen como: "... la oportunidad de generar energía con una de las tecnologías, cuando se presenta escasez del recurso energético de la otra". (Ñustes & Riviera, 2017)

Experiencias exitosas se mencionan por Paredes y Ramírez: en países nórdicos como Dinamarca y Noruega con un mercado regional energético, donde los excedentes de generación eléctrica de un país es enviado a otro, de tal manera que se complementan sus fuentes de energía eólica con las centrales hidroeléctricas. (Paredes & Ramírez, 2017)

Las energías renovables como la eólica y la solar contribuyen a la seguridad energética, como demuestra Graichen, los países con mayor confiabilidad del sistema como Alemania y Dinamarca, son a su vez los que tienen una mayor participación de energía renovable en su matriz energética. Según el mismo autor, España e Italia también tienen porcentajes de participación de energías renovables mayores al 30% en sus matrices, demostrando índices de confiabilidad mejores que países con menores penetraciones de renovables como Francia y Estados Unidos. (Graichen, Kleiner, & Buck, 2017)

Estos indicadores en Europa unido a la capacidad de interconexión eléctrica entre países vecinos, asegura la posibilidad de complementariedad energética entre ellos, de manera que los excedentes de energía de un país se entreguen al país vecino, para poder satisfacer las necesidades de energía cuando escasean los recursos renovables locales.



Hacia la complementariedad energética regional: un reto para la Educación en materia de energía

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 413-428. ISSN 1390-9304

En Corea del Sur, Whan-Sam Chung evaluó la seguridad energética en el país a partir de los recursos disponibles, centrándose en indicadores como la complementariedad tecnológica, constituyendo a su vez una vía de mejorar los conflictos regionales. (Whan Sam, Seung Su, Kee Hwan, & Chae Young, 2017)

Otros autores como como Hsiao-Fan Wang en Taiwan y F. Monforti, Kougias y Francois en Italia, evalúan la complementariedad de los recursos energéticos de sus respectivos países. (Hsiao Fan, Meng Ping, & Hsin Wei, 2016) (Monforti, y otros, 2014) (Kougias, 2016) (François, Borga, Creutin, Raynaud, & Sauterleute, 2016)

De igual manera se presentan estudios similares en la Península Ibérica por (Jereza, Trigoa, Sarsa, Lorente Plazas, & Pozo Vázquez, 2013).

En el año 2010 en la Declaración de Cancún durante la II Cumbre de América Latina y el Caribe sobre Integración y Desarrollo, se promueve aprovechar las posibilidades de complementariedad energética regional y subregional a través del uso y expansión de fuentes de energía renovables. Sin embargo, solo algunos países de la región han tomado acción al respecto y mayormente se han concentrado en resolver la complementariedad energética de sus propias fuentes de energía. (II Cumbre de América Latina y el Caribe sobre Integración y Desarrollo, 2010)

Como plantea Mellado, la energía se ha convertido en un recurso estratégico para el crecimiento económico y el desarrollo que requiere la región, de ahí que la integración regional adquiere importancia como alternativa válida, aunque las acciones están desvinculadas del aprovechamiento de la complementariedad energética entre los países de la región. (Mellado, 2017)

Se destacan en América Latina y el Caribe Paredes y Ramírez con su estudio de complementariedad en Colombia, el uso de energías renovables variables (ERV) y su implicación directa en la seguridad energética de los países, enfatizando en que poco se ha estudiado la influencia que tendrán fenómenos como el cambio climático en la disponibilidad y la interrelación de los recursos hídrico, solar o eólico, basándose para ello en estudios realizados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (Paredes & Ramírez, 2017)

Estudio realizado por Schultz describe la complementariedad para las diferentes zonas de Brasil, donde se establece una gestión integrada de los recursos eólico e hídrico que contribuye a la estabilidad estacional del sistema eléctrico. (Schultz, Amarante, & Rocha, 2005)



Hacia la complementariedad energética regional: un reto para la Educación en materia de energía

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 413-428. ISSN 1390-9304

Similarmente en Uruguay se anuncia el estudio sobre complementariedad de las energías renovables descrito por (Paredes & Ramírez, 2017) .

Otros autores de América Latina y el Caribe se han referido al tema, pero en su mayoría enmarcados en sus respectivos países, tal es el caso de (Ealo, 2011), (Ramírez & John, 2015) y (Vergara, Deeb, Toba, Cramton, & Leino, 2010) en Colombia, (RodriguesSilva , Mendonça Pimenta, & Trevenzoli Assireu , 2016) y (Cantão., Bessa, Bettega, Detzel, & Cantão, 2017) en Brasil.

Sobresalen algunos autores que consideran la integración regional, como Urzúa que hace un análisis de la integración regional e hidroelectricidad entre Brasil-Bolivia-Perú. (Urzúa, 2015)

Experiencias y proyecciones sobre la integración energética en América Latina y su correlación con la seguridad energética de los países de la región se muestra por Castro. (Organización Castro & Rosental, 2017)

Ecuador en su Plan Maestro de Electricidad 2016 - 2025, destaca sus relaciones comerciales de energía eléctrica con los países vecinos como la única experiencia de integración energética a nivel de Sudamérica, así como otros espacios de integración como es el Proyecto "Sistema de Interconexión Eléctrica Regional - SINEA", con el objetivo de construir un gran corredor eléctrico que permita las transferencias de electricidad entre los países de la región: Bolivia, Colombia, Chile, Ecuador y Perú. (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable MEER, 2016)

Este Plan en su pág. 163 considera la exportación de energía eléctrica a Perú y Colombia en regímenes de alta hidráulicidad. Por otra parte, en su pág. 307 alerta que hasta el momento, la integración energética en la región se ha limitado a interconexiones físicas para comercio de la energía eléctrica.

Dentro de las políticas energéticas de Ecuador planteadas en su Plan Maestro de Electricidad, se encuentra impulsar los procesos de integración energética regional. Todos los objetivos planteados, son posibles a partir de estudios profundos de complementariedad de las diferentes potencialidades de energía en cada una de las zonas a nivel de país y de región.

En este sentido varios trabajos se han desarrollado en Ecuador, tal es el caso de (Lazo Pintado, 2014), (Cevallos Escobar, 2016), (Quijandría, 2005) y otros.

Como expresa Ruiz: "La integración energética... es aún un proceso lejano en la región. Como tal, la integración energética no tiene lugar ni siquiera en América del Norte,



Hacia la complementariedad energética regional: un reto para la Educación en materia de energía

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 413-428. ISSN 1390-9304

entre Canadá, México y Estados Unidos. En América Latina los avances han sido más reducidos. (Ruiz, 2006).

Como se aprecia varias son las experiencias y estudios realizados alrededor de la complementariedad energética, aunque en su gran mayoría se concentran a nivel de país. Se hace necesario dirigir y llevar todos estos esfuerzos individuales de complementariedad energética a nivel de región, como contribución ineludible a la integración de Sudamérica.

2. METODOS

La investigación se centralizó en una recopilación y revisión bibliográfica-documental sobre la complementariedad energética regional, se seleccionó un total de 873 artículos referentes al tema, el 64 % de la revisión fue analizado en la literatura de mayor impacto, la cual se encontró escrita en idioma inglés siendo traducida para ser analizada en la investigación. El 85% de la literatura revisado está enmarcada en los últimos cinco años el 15 % de la literatura revisada superior a este tiempo está dado por la relevancia que tienen para esta investigación.

La búsqueda se realizó en cuatro gestores bibliográficos:

- a) Google Académico.
- b) Publish or Perish (POP).
- c) Science Direct.
- d) Scopus.

Se utilizaron como palabras claves en español e inglés:

- a) Complementariedad energética, integración eléctrica, seguridad energética, interconexión eléctrica, generación eléctrica.
- b) Energy complementarity, electrical integration, energy security, electrical interconnection, electricity generation.

Con el POP se exportaron los resultados de cada búsqueda a Excel, con lo cual se creó una base de datos filtrándose posteriormente bajo criterios de mayor Índice-h, revista de mayor impacto y autores más citados; resultando una selección sobre el tema investigado. Para la búsqueda de la literatura en inglés se utilizaron tanto el Science Direct como Scopus, ambos con el criterio de artículos más citados y el Índice-h. La investigación se enmarcó en los años 2005 al 2017, aunque la literatura de mayor impacto se encontró entre los años 2016 y 2017, lo que demuestra la contemporaneidad del tema.



3. RESULTADOS

3.1 Antecedentes

Múltiples han sido los acuerdos de cooperación energética en la región de América Latina y el Caribe (ALC), incluyendo el ámbito de la electricidad, en busca de la integración energética regional. Más de seis décadas hablando de integración energética, en organizaciones regionales como la Comisión de Integración Eléctrica Regional (CIER) y la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

Grandes proyectos hidroeléctricos binacionales como el de Salto Grande, Itaipú y Yacyretá con la participación de los países miembros del MERCOSUR, así como avances en la integración en el sector eléctrico tanto en el MERCOSUR como en los países de la Comunidad Andina y Centroamericanos, son ejemplos de avances en la integración energética, sin embargo es aún un anhelo lejano en la región. (Ruiz, 2006)

En el año 2005, países del Sistema de Integración Centroamericana (SICA) como Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá, así como Belice, Colombia, México y la República Dominicana, adoptaron el Programa de Integración Mesoamericana (PIEM) y suscribieron la Declaración de Cancún, comprometiéndose avanzar en la integración energética mesoamericana. Se incluyó el impulso al desarrollo del mercado regional de electricidad, con proyectos de interconexión eléctrica entre México y Guatemala, Panamá y Colombia, para así integrar la red de transmisión eléctrica México-Centroamérica-Colombia. (Ruiz, 2006)

Los países andinos en el marco de la CAN, desde el año 2002 han desarrollado acciones que promueven la integración energética, con un enfoque multilateral de los proyectos de interconexión eléctrica binacionales. Fue en diciembre de 2002 cuando aprobaron la Decisión 536 que establece las reglas para la interconexión subregional de los sistemas eléctricos y el intercambio intracomunitario de electricidad entre Colombia, Ecuador y Perú, ratificado después por Bolivia y Venezuela. (Ruiz, 2006)

A pesar de los objetivos planteados, la integración energética aún carece de acciones, sobre todo en la interconexión eléctrica, con excepción de algunos proyectos realizados como la interconexión Colombia – Ecuador – Perú y Colombia – Venezuela.

En Centroamérica se ha destacado el Sistema Económico Centroamericano (SICA), centrándose en el mercado eléctrico integrado regional mediante interconexiones



Hacia la complementariedad energética regional: un reto para la Educación en materia de energía

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 413-428. ISSN 1390-9304

eléctricas de países vecinos. En este contexto en el año 1987 se creó el proyecto SIEPAC (Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central) que incluyó estudios de factibilidad complementaria y estudios eléctricos avanzados entre otros, pero todavía en 2006 estaba en etapa de licitación el proyecto de interconexión desde Guatemala hasta Panamá a través de El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica. (Ruiz, 2006)

En la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI), se han suscrito algunos acuerdos en el área de energía eléctrica desde la década de los noventa, siendo Argentina y Chile los más destacados en el mercado de excedentes de energía. Paraguay y Uruguay han suscrito acuerdos desde 1996 en materia de Cooperación Energética, incluyendo los sistemas eléctricos de ambos países que permiten la absorción por Uruguay de excedentes energéticos del sistema nacional hidroeléctrico de Paraguay. Por su parte, Argentina y Bolivia han suscrito acuerdos desde 1998, en cuanto a la exportación e importación de energía eléctrica. (Ruiz, 2006)

En el 2005 ocho países sudamericanos suscribieron un acuerdo de complementación energética regional con vistas a facilitar la integración energética: Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay, Venezuela, Ecuador y Chile.

La Comisión de Integración Energética Regional (CIER) identificó tres tipos de proyectos de interconexión en la región sudamericana: (Ruiz, 2006)

- La interconexión Argentina-Uruguay, Argentina-Paraguay y Brasil-Paraguay, con motivo de las centrales hidroeléctricas binacionales de Salto Grande, Yaciretá e Itaipú. El objetivo era aprovechar los recursos naturales binacionales para la generación eléctrica.
- La interconexión con propósito de venta de potencia firme de un país a otro, como entre Argentina-Brasil, Brasil-Venezuela y Argentina-Chile.
- La interconexión con propósito de intercambios de oportunidad en los dos sentidos, aprovechando la diferencia de costos marginales entre los dos países: Colombia-Venezuela, Colombia-Ecuador y Brasil-Uruguay.

A pesar que el tema de integración energética en ALC se viene discutiendo desde hace décadas, reportando avances importantes en el sector eléctrico, estos han sido originados por intereses de aprovechar recursos naturales binacionales o con el propósito comercial de venta de energía entre los países; pero carecen de un análisis



Hacia la complementariedad energética regional: un reto para la Educación en materia de energía

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 413-428. ISSN 1390-9304

regional de complementariedad de las fuentes de energía eléctrica, que le den un propósito diferente a los que se han seguido hasta el momento.

Varios son los intentos de integración energética que han fracasado, descritos por (Organización Castro & Rosental, 2017), tal es el caso de Paraguay-Brasil con el proyecto Itaipú que si bien contribuyó en la integración entre los dos países, aún persisten diferencias históricas entre ambos. Similarmente ocurrió con el proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico de Inambari con Perú donde campañas opuestas al proyecto hicieron que fracasara. Otros proyectos binacionales son mencionados por Castro como Bolivia y Chile.

Si bien es importante continuar con el proceso de interconexión eléctrica como componente de la integración energética que han emprendido algunos países andinos, contribuyendo a la integración sudamericana, es necesario fundamentarlo con estudios de complementariedad a nivel regional.

3.2 Condiciones de complementariedad energética en Sudamérica

En (Organización Castro & Rosental, 2017) se plantea que en contraste con Latinoamérica como un todo, Sudamérica constituye una unidad geográfica lo que hace atractivo y conveniente desarrollar proyectos de integración energética. Además, la región dispone de envidiables reservas de energía como fuentes de electricidad:

- No renovables: 22% reservas mundiales de petróleo, 4% de gas natural.
- Renovables: mayor potencial hídrico del mundo.
- Alternativas: gran potencial eólico y solar.

Importantes experiencias en proyectos hidroeléctricos binacionales e interconexiones eléctricas, se suman a las condiciones que hacen factible y conveniente la integración energética en el continente para optimizar el uso de los recursos disponibles, pero la realidad es que permanece subdesarrollado el aprovechamiento de esas fuentes de energía. Como concluye Castro, a pesar de ese potencial, no se ha desarrollado en las últimas décadas ningún proyecto binacional comparable con Itaipú o Yaciretá.

3.3 Complementariedad de las fuentes de energía. Caso Ecuador

Ecuador se encuentra actualmente en una transición energética hacia una matriz con más de un 90% hidráulica. No obstante, aún su sistema energético no deja de ser un sistema hidrotérmico, donde las centrales hidráulicas y las térmicas cubren la demanda de energía eléctrica en el país. A esta situación se suma el hecho de que el potencial



Hacia la complementariedad energética regional: un reto para la Educación en materia de energía

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 413-428. ISSN 1390-9304

hidráulico del país se concentra en la zona oriental mientras que las mayores térmicas en la zona occidental del país.

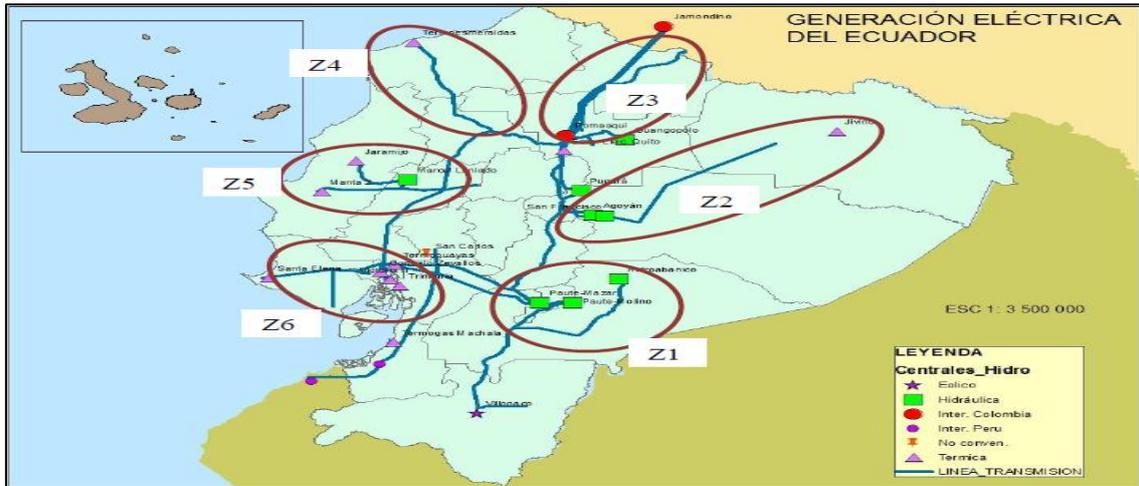


Figura 1 Parque Generador de Ecuador

Fuente: (Lazo Pintado, 2014)

Tabla 1. Características de las zonas del parque generador Ecuador

Zona 1	Sur Oriental	Se encuentra el complejo hidroeléctrico Paute Integral con 2 336 MW de capacidad de generación, más del 40% de la generación del país.
Zona 2	Centro Oriental	También con centrales hidráulicas, desde donde se energiza a gran parte de la zona oriental del país.
Zona 3	Norte Oriental	Predominantemente hidráulica y un importante aporte de la interconexión con Colombia.
Zona 4	Noroccidental	Con una de las mayores Centrales Termoeléctricas del país.
Zona 5	Centro Occidental	Con Hidráulicas y Térmicas.
Zona 6	Suroccidental	Con el mayor Centro Termoeléctrico del país.

Las tres primeras zonas comprenden toda la parte oriental del país, donde se concentra su mayor potencial de generación, siendo además la zona menos industrializada.

Las otras tres zonas comprende la zona occidental donde se concentra la generación térmica del país coincidiendo con el mayor desarrollo industrial.

Es decir, Ecuador concentra su mayor potencial de generación en la zona suroriental siendo esta de naturaleza hidráulica. Por otra parte, su potencial térmico se encuentra en la zona occidental, en el Golfo de Guayaquil.

En este sentido, en la temporada invernal, las centrales que ven maximizada su generación son las ubicadas en la zona centro y sur de Ecuador, o sea, hidráulica. Sin embargo, en la etapa de sequía se necesita de una gran cantidad de centrales térmicas, las cuales se encuentran principalmente ubicadas en la parte occidental del país.



Hacia la complementariedad energética regional: un reto para la Educación en materia de energía

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 413-428. ISSN 1390-9304

Ante esta situación ¿es posible lograr la complementariedad energética?

De acuerdo al Plan Maestro de Electricidad 2016-2025:

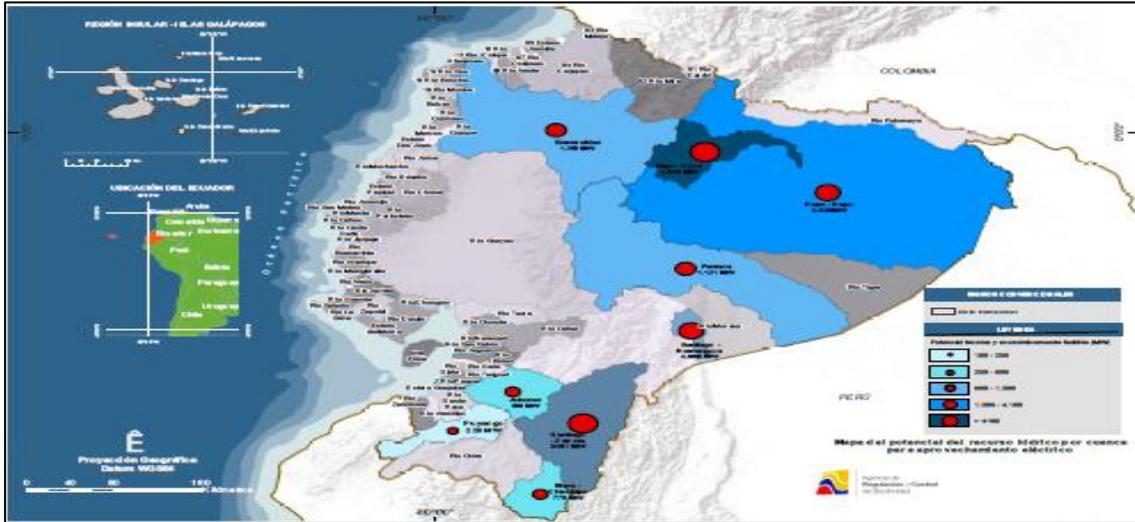


Figura 2. Potencial de recursos hídricos por cuenca de Ecuador

Fuente: (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable MEER, 2016)

Las centrales hidráulicas proyectadas siguen potenciando la zona oriental del país donde está el mayor potencial, algunas se localizan en la vertiente occidental de la Sierra pero de menor potencial.

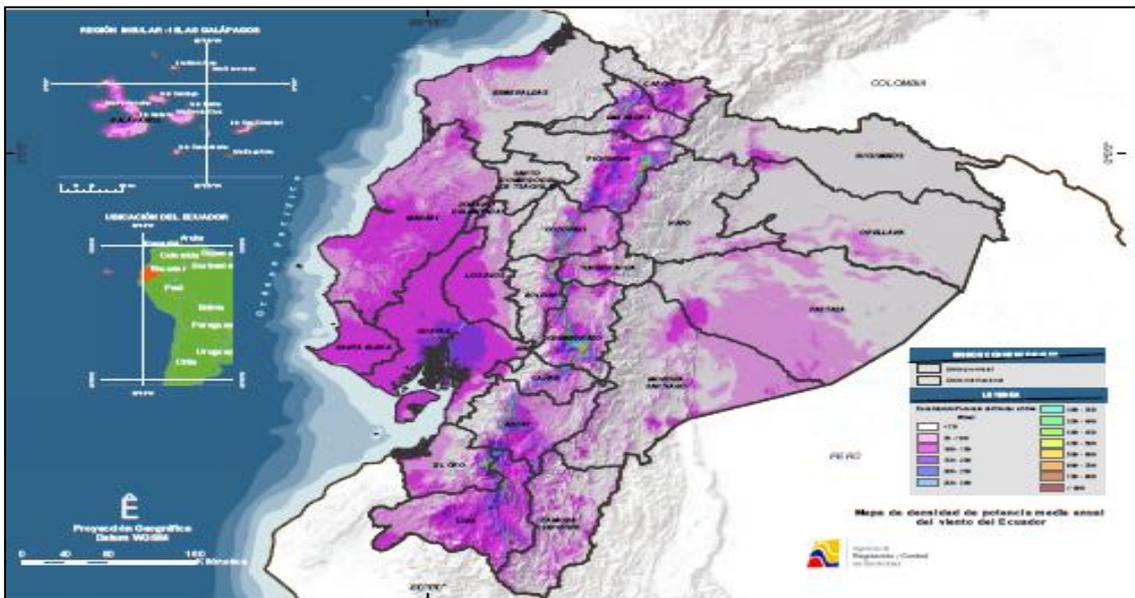


Figura 3. Densidad de potencia media anual del viento de Ecuador

Fuente: (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable MEER, 2016)

Las zonas sobre la línea ecuatorial no tienen un gran potencial eólico, a pesar de ello se observan zonas de alto interés eólico por efecto de los Andes y cercanía al Océano Pacífico.

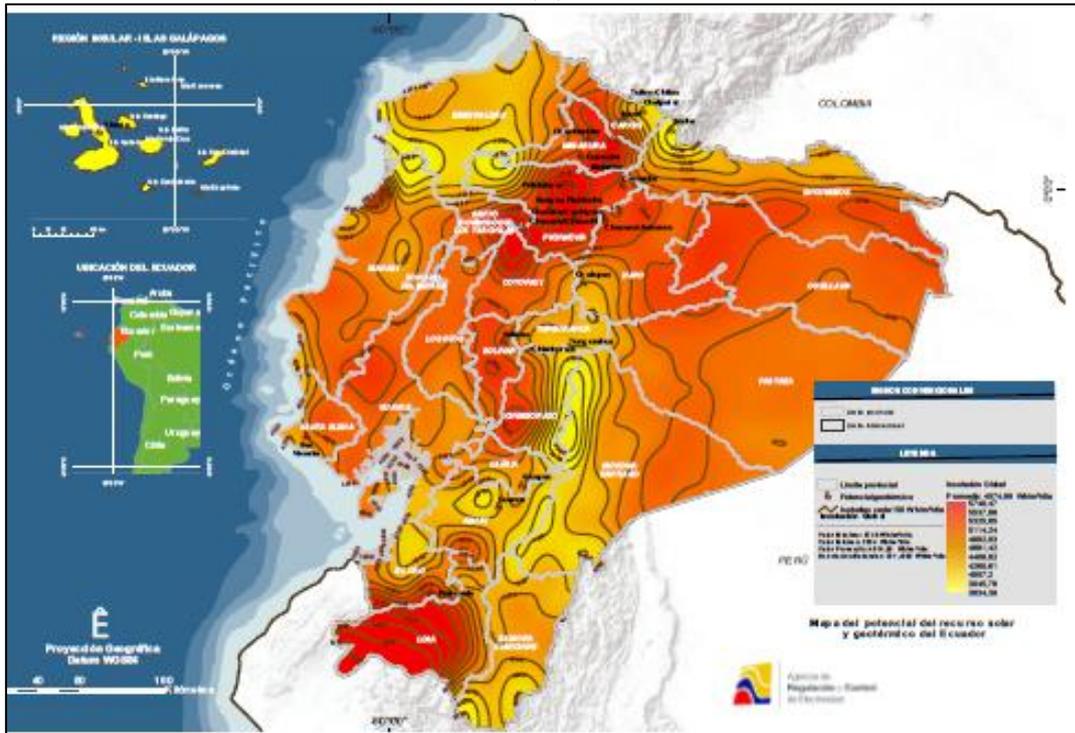


Figura 4. Potencial del recurso solar y geotérmico de Ecuador
Fuente: (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable MEER, 2016)

El potencial de energía solar en el país tiene una mayor distribución pero aún el mayor potencial está en la Sierra.

De esta manera se observó la gran preponderancia del potencial energético Amazónico sobre el Pacífico en Ecuador, por lo que se hace difícil lograr una complementariedad entre las dos vertientes. ¿Podría existir la posibilidad de complementariedad con Colombia y Perú? ¿Ocurre lo mismo en estos dos países para con Ecuador? Se hace necesario ver a la complementariedad energética de manera integral y regional, considerando la posibilidad de complementar las fuentes de energía de un país con las del país vecino, como el primer paso a la integración eléctrica regional.

4. CONCLUSIONES

A pesar de lo mucho que se ha recorrido en más de seis décadas, lo logrado no va más allá de algunos proyectos importantes para aprovechar fuentes de energía binacionales, algunas interconexiones eléctricas con intereses mayormente comerciales y otras para aprovechar las diferencias de costos marginales entre las energías de los países. Lograr la integración energética, va más allá de la interconexión eléctrica, la complementariedad de las fuentes de energía eléctrica es una necesidad e ingrediente fundamental.



Hacia la complementariedad energética regional: un reto para la Educación en materia de energía

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 413-428. ISSN 1390-9304

Los estudios realizados alrededor de la complementariedad energética, en su gran mayoría se concentran a nivel de país. Se hace necesario dirigir y llevar todos estos esfuerzos individuales de complementariedad energética a nivel de región, como contribución ineludible a la integración de Sudamérica, ejemplos a seguir deben considerarse como en Europa y países nórdicos.

Continuar con el proceso de interconexión eléctrica como componente de la integración energética que han emprendido algunos países andinos, pero es necesario fundamentarlo con estudios de complementariedad a nivel regional.

Se mostró en Ecuador, que no existe una total complementariedad entre las vertientes Amazónica y del Pacífico, llegándose a cuestionamientos que todo país de la región sudamericana debe hacerse: ¿Podría existir la posibilidad de complementariedad con Colombia y Perú? ¿Ocurre lo mismo en estos dos países para con Ecuador?

La complementariedad energética de las diferentes fuentes de energía de la región, es el principal ingrediente para lograr esa integración energética que por tantos años se ha buscado, siendo la interconexión eléctrica una de las componentes de la integración regional.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cantão,, M. P., Bessa, M. R., Bettega, R., Detzel, D. H., & Cantão, J. M. (Febrero de 2017). Evaluation of hydro-wind complementarity in the Brazilian territory by means of correlation maps. *Renewable Energy*(101), 1215-1225. Recuperado el 12 de Agosto de 2017, de <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.10.012>
- Cevallos Escobar, J. G. (2016). *Análisis de la complementariedad hidrológica de las vertientes del Amazonas y del Pacífico en el Ecuador considerando las nuevas centrales hidroeléctricas proyectadas hasta el año 2016*. Quito: DSpace JSPUI. Recuperado el 23 de Agosto de 2017, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4476>
- Ealo, A. J. (2011). Análisis de generación complementaria entre energía hidráulica y eólica caso: Generación Isagen – proyectos eólicos en la Guajira colombiana. *bdigital.unal.edu.co*, 99. Recuperado el 21 de Agosto de 2017, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/5387/>
- François, B., Borga, M., Creutin, J., Raynaud, D., & Sauterleute, J. (Febrero de 2016). Complementarity between solar and hydro power: Sensitivity study to climate



Hacia la complementariedad energética regional: un reto para la Educación en materia de energía

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 413-428. ISSN 1390-9304

- characteristics in Northern-Italy. *Renewable Energy*, 86, 543-553. Recuperado el 13 de Agosto de 2017, de <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.08.044>
- Graichen, P., Kleiner, M., & Buck, M. (Enero de 2017). Energy transition in the power sector in Europe: state of Affairs in 2015–review of the developments and outlook for 2016. *Agora Energiewende*, 1-42. Recuperado el Agosto de 2017, de <https://sandbag.org.uk/wp-content/uploads/2017/01/Energy-Transition-in-the-Power-Sector-in-Europe-2016.pdf>
- Hernández, S., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). *Metodología de la Investigación. 6ta edición* (5ta ed.). México: McGraw-Hill/Interamericana.
- Hsiao Fan, W., Meng Ping, S., & Hsin Wei, H. (Marzo de 2016). Complementarity and substitution of renewable energy in target year energy supply-mix planning in the case of Taiwan. *Energy Policy*, 90, 172-182. Recuperado el 12 de Agosto de 2017, de <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.026>
- II Cumbre de América Latina y el Caribe sobre Integración y Desarrollo. (19 de Abril de 2010). Declaración de Cancún. (I. d. Latinoamericana, Ed.) *Revista Aportes para la Integración Latinoamericana*(22), 12. Recuperado el 12 de Agosto de 2017, de <https://revistas.unlp.edu.ar/aportes/article/download/3394/3249>
- Jereza, S., Trigoa, R., Sarsa, A., Lorente Plazas, R., & Pozo Vázquez, D. (2013). Spatio-temporal complementarity between solar and wind power in the Iberian Peninsula. *Energy Procedia*, 40, 48-57. Recuperado el 13 de Agosto de 2017, de <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.08.007>
- Kougias, I. (Marzo de 2016). A methodology for optimization of the complementarity between small-hydropower plants and solar PV systems. *Renewable Energy*, 87, 1023-1030. Recuperado el 13 de Agosto de 2017, de <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.09.073>
- Lazo Pintado, F. M. (Abril de 2014). Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Generación Eléctrica del Ecuador. *Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Generación Eléctrica del Ecuador*, 1-91. (R. D. USFQ, Ed.) Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 13 de Agosto de 2017, de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/3234>
- Mellado, N. B. (17 de Abril de 2017). Problemáticas particulares del MERCOSUR. (I. d. Latinoamericana, Ed.) *Aportes para la integración latinoamericana*(17), 30.



Hacia la complementariedad energética regional: un reto para la Educación en materia de energía

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 413-428. ISSN 1390-9304

Recuperado el 12 de Agosto de 2017, de

<https://revistas.unlp.edu.ar/aportes/article/view/3341>

- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable MEER. (2016). *Plan Maestro de Electricidad 2016 - 2025*. Quito: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable MEER. Recuperado el 22 de Agosto de 2017, de http://www.mediafire.com/file/m9v7y7tt2kebqik/PME+2016-2025+V_WEB.pdf
- Monforti, F., Huld, T., Bódis, K., Vitali, L., D'Isidoro, M., & Lacal Arántegui, R. (Marzo de 2014). Assessing complementarity of wind and solar resources for energy production in Italy. A Monte Carlo approach. *Renewable Energy*, 63, 576-586. Recuperado el 12 de Agosto de 2017, de <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.10.028>
- Ñustes, W., & Riviera, S. (Enero-Junio de 2017). Colombia: territorio de inversión en fuentes no convencionales de energía renovable para la generación eléctrica. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 17, 37-48. Recuperado el 12 de Agosto de 2017, de http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/viewFile/5954/4974
- Organización Castro & Rosental. (2017). *Integración y Seguridad*. Río de Janeiro, Brasil: ISBN: 978-85-61843-65-6. Recuperado el 26 de Agosto de 2017, de ISBN: 978-85-61843-65-6
- Paredes, J. R., & Ramírez, J. J. (17 de Enero de 2017). Energías renovables variables y su contribución a la seguridad energética: Complementariedad en Colombia. *BID Banco Interamericano de Desarrollo*, 62. Recuperado el 12 de Agosto de 2017, de <https://publications.iadb.org/handle/11319/8146>
- Quijandría, J. (Octubre de 2005). Integración Energética: de la Interconexión Eléctrica Andina. *PALESTRA*, 10. Recuperado el 26 de Agosto de 2017, de <http://palestra.pucp.edu.pe>
- Ramírez, J., & John. (2015). MERRA - based study of the wind/solar resources and their complementarity to the hydro resource for power generation in Colombia. *Universitat Oldenburg*, 12 - 23. Recuperado el 21 de Agosto de 2017, de <http://oops.uni-oldenburg.de/2535/>
- RodriguesSilva, A., Mendonça Pimenta, F., & Trevenzoli Assireu, A. (12 de Diciembre de 2016). Complementarity of Brazil's hydro and offshore wind power.



Hacia la complementariedad energética regional: un reto para la Educación en materia de energía

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 413-428. ISSN 1390-9304

Renewable and Sustainable Energy Reviews(56), 413-427. Recuperado el 12 de Agosto de 2017, de <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.045>

- Ruiz, A. (2006). *Cooperación e integración energética en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile, Chile: CEPAL Naciones Unidas. Recuperado el 26 de Agosto de 2017, de <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/6305>
- Schultz, D. J., Amarante, O., & Rocha, N. (2005). Sistemas complementares de energía eólica e hidráulica no Brasil. *Espaço Energia*, 1-9. Recuperado el 21 de Agosto de 2017, de https://scholar.google.com/scholar?cites=739273471076659574&as_sdt=2005&sciodt=0,5&hl=en&num=20
- Urzúa, J. P. (2 de Julio de 2015). Integración regional e hidroelectricidad: geopolítica del alto río Madeira entre frontera y cooperación. *Estudos Internacionais*, 3(2), 181-201. Recuperado el 26 de Agosto de 2017, de <http://200.229.32.55/index.php/estudosinternacionais/article/view/8239>
- Vergara, Deeb, A., Toba, N., Cramton, P., & Leino, I. (2010). Wind energy in Colombia: a framework for market entry. *Revista Colombiana*, 12 - 23. Recuperado el 21 de Agosto de 2017, de https://scholar.google.com/scholar?cites=3289112582587308868&as_sdt=2005&sciodt=0,5&hl=en&num=20
- Whan Sam, C., Seung Su, K., Kee Hwan, M., & Chae Young, L. (27 de Marzo de 2017). A Conceptual Framework for Energy Security Evaluation of Power Sources in South Korea. *Energy*, 1-17. Recuperado el 12 de Agosto de 2017, de <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.108>