

El cambio de la matriz energética en Ecuador; una perspectiva de su realidad

The change of the energy matrix in Ecuador; a perspective of its reality

Jorge Campoverde Campoverde¹
Freddy Naula Sigua¹
Katherine Coronel Pangol¹
Armando Romero Galarza¹
UNIVERSIDAD DE CUENCA, ECUADOR

Fecha de recepción: 28 de abril de 2017.

Fecha de aprobación: 4 de diciembre de 2017.

Resumen

Los esfuerzos realizados por parte del gobierno nacional, en cuanto a materia energética, están orientados principalmente hacia la seguridad energética. Para ello se han implementado proyectos generadores de energías renovables, en su mayor parte hidroeléctricas. Es imperante sin embargo iniciar un proceso de independencia petrolera, diversificando de mejor forma las fuentes primarias de generación de energía, pues es alta todavía la relación energética que mantiene el Ecuador con respecto al petróleo, más aún si consideramos que no está lejano un eventual escenario de agotamiento de reservas petroleras, las cuales se estiman en aproximadamente no más de 2 décadas. El presente artículo aporta con una lectura actual del estado de la matriz energética, desde el lado de generación, los mega proyectos y sus impactos, así como

¹ jorge.campoverde@ucuenca.edu.ec, freddybenja@gmail.com,
katherine.coronelp95@ucuenca.ec, armando.romerog@ucuenca.edu.ec

desde el punto de vista de consumo o demanda, incluidos los esfuerzos realizados para la diversificación de las fuentes de energía.

Palabras Clave

Matriz energética, generación, eficiencia, recursos renovables.

Abstract

The efforts carried out by the national government, regarding energetic matter, have been directed mainly towards energy security. For this, projects that generate renewable energies were implemented, mostly hydroelectric. However, it is imperative to begin a process of petroleum independence, diversifying in a better way the primary sources of energy generation, since the energetic relation that Ecuador has with respect to petroleum is still high, even more so if we consider that an eventual scenario of depletion of petroleum reserves is not far away, which is estimated in about two decades. The present article contributes with a current lecture of the state of the energy matrix from the side of the generation, the mega projects and their impacts, as well as from the point of view of the consumption or demand, including the efforts made for the diversification of energy sources.

Keywords

Energy matrix, generation, efficiency, Renewable resources.

Introducción

La energía es la base de la economía del mundo, y no por su valor como tal, sino por los servicios que presta, que permiten el desarrollo de las actividades cotidianas de las personas, pero también dinamizan de manera sorprendente la economía, (Castro, 2011). La demanda de energía, se incrementa en países desarrollados, en relación directa con el ingreso de la población, (Anderson, 2000), lo que nos permite evidenciar la estrecha relación entre el consumo de energía y la economía de una nación. La economía necesita de energía para su efectivo funcionamiento y el consumo energético es proporcional al crecimiento de la economía (Anderson, 2000).

Después de la segunda guerra mundial el crecimiento poblacional y por lo tanto el económico, generaron necesidades adicionales de energía de tal forma que el consumo de esta se duplicó en el período de 1970 a 2008 (Grubler, 2008); gran parte de aquella necesidad fue satisfecha con el uso de combustible fósiles, (World Bank, 2010), en los primeros 15 años del 2000, este tipo de combustible abastecía el 80% del consumo global, (U.S. Energy Information Administration, 2016), con una proyección de que para el 2040 este valor será de aproximadamente el 78%; es decir, no se evidencia una disminución significativa. Considerando las actuales tendencias de crecimiento poblacional, económico y urbano, en especial en las economías emergentes, los requerimientos globales de energía podrían llegar a ser de 900 EJ² en el 2050 y hasta de 1.700 EJ en 2100 (IIASA, 2009; World Bank, 2010). Con estos antecedentes,

2 1Exa Julio = 27,77 x 10¹⁸ Kw/h

durante este siglo, se triplicaría la demanda de energía primaria, es decir, aquella que se encuentra en la naturaleza y no ha sido sometida a un proceso de conversión; agudizando el consumo de fuentes de energía primaria, especialmente de los recursos fósiles, con varias consecuencias para el planeta, especialmente una serie de cambios climáticos, (Uneso, 2013). Los combustibles elaborados a partir de recursos fósiles son: carbón y petróleo, este último sirve de base para la obtención de gas natural en su primer proceso de generación y posteriormente en su refinación se genera el gas licuado de petróleo, (Thiel, 2014). Si bien es cierto, la energía fósil, es la más conocida y consumida a nivel mundial, existen también otras fuentes de energía, denominadas energía renovable, que se enlistan en la siguiente tabla:

Tabla 1: Estado de desarrollo de las distintas fuentes de energía renovable

Energías Renovables	Investigación y Desarrollo	Demostración	Despliegue y Utilización	Difusión	Comercialmente Madura
Hidroelectricidad				Hidro en pequeña escala	Reservorios de gran escala
Biomasa		Plantas eléctricas de escala grande	Biogas en escala pequeña	Termoeléctrica combinada con otros combustibles	Bio Etanol
Eólica		Turbinas flotantes	Turbinas de viento en el mar	Turbinas de viento en tierra	

Solar	Paneles fotovoltaicos Orgánicos	Solar térmica para generación eléctrica	Módulos solares fotovoltaicos	Paneles solares para calefacción
Geotérmica		Geotérmica fortalecida	Geotérmica para electricidad	Geotérmica Para calefacción
Energía de Olas		Todos los dispositivos e infraestructura para aprovechar esta energía		

Fuente: (UNEP, 2011)

La energía de fuentes renovables, según (Boyle, 2012), es aquella obtenida de los flujos energéticos continuos que se encuentran en el ambiente natural. La principal fuente de energía es el sol, este emana una radiación que cubriría 7.500 veces la energía demandada en el planeta, (U.S. Energy Information Administration, 2016). La versatilidad de la energía solar, brinda un abanico de posibilidades de aplicación, tales como: calefacción, electricidad, entre otros; a nivel mundial, este tipo de energía se la desarrolla a través de los módulos fotovoltaicos (Dan et al., 2011). Las fuentes hidrológicas, tienen una relación cercana con el sol, ya que el ciclo hidrológico, depende de este. La energía generada por fuentes hidroeléctricas, se obtiene a través de la construcción de plantas hidroeléctricas, las cuales aprovechan el caudal de agua para mover las turbinas, que generarán energía, (Kammen, 2004; Rama-

ge, 2007). Otra de las fuentes de energía renovable, es la energía eólica, la que presenta un mayor crecimiento en las últimas décadas, el desarrollo se ha enfocado en las turbinas de viento *onshore* (en tierra) cuyos modelos generalmente se basan en rotores de tres aspas, (Arent, Wise, & Gelman, 2011).

Según (Kammen, 2004) una de las opciones para la diversificación de las fuentes es el uso de la bioenergía, o procesos de biomasa, la cual presenta la posibilidad de producir a precios competitivos; su principal producto es la energía eléctrica, a través de la combustión, generando los denominados biocombustibles de primera generación, (bioetanol, biodiesel y biogas), provenientes de cultivos agrícolas destinados a la alimentación humana, para diferenciarlos de la segunda generación que no compite con la producción de alimentos. Actualmente, las tecnologías de producción de aquellos de primera generación son más simples y económicas. Por otra parte, la energía geotérmica, concebida como la generación de la energía a través de turbinas, que funcionan en base a flujos de alta temperatura; es la que cuenta con mayor potencial para el aprovisionamiento de energía de base a largo plazo, (Barry et al., 2011). Finalmente, otra de las fuentes de energía renovable, son las olas, las cuales, a través de un impacto fuerte contra estructuras especializadas para aprovechar la fuerza de estas, generará energía. Cabe mencionar que a excepción de la energía generada en base a biomasa y probablemente la energía geotérmica, el resto de energías, dependen exclusivamente de factores externos, tales como la captación de la radiación solar, el ciclo hidrológico, la intensidad eólica, o de las olas; lo que presentaría un margen de error, en

la planificación sobre generación de energía. Sin embargo, estudios realizados por Arent et al., 2011; Barry et al., 2011; Castro, 2011; Grubler, 2008; Lior, 2010; United Nations Development Programme, 2000; World Bank, 2010, y otros, demuestra que el costo de producción de energía a través de fuentes renovables, es notablemente menor, en comparación con la energía fósil. En la siguiente ilustración, se presenta la variación de los costos de KW/h provenientes de distintas fuentes de energía:

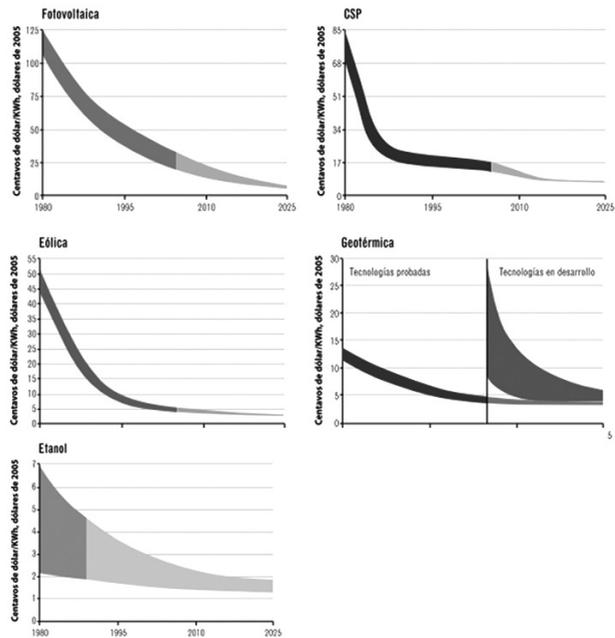


Ilustración 1: Evolución de los costos de distintas tecnologías

Fuente y elaboración: (Arent et al., 2011)

La adopción de tecnologías y/o fuentes de energía que sean 100% renovables es considerada como primordial en los países desarrollados; en Dinamarca se propone que para el año 2030, de la producción energética total, al menos el 50% provenga de fuentes renovables, el objetivo final es que para el 2050 el 100% lo sea, especialmente a través de: biomasa, viento, energía de olas y solar (Lund & Mathiesen, 2009); en Brasil, el 85.4% de la energía consumida, proviene de fuentes renovables, especialmente hídricas. Canadá presenta un consumo del 65% de energías renovables. Alemania por su parte presenta un 32.6% de energía proveniente de fuentes renovables. Estados Unidos, por su parte es el principal productor de energía eólica en el mundo, sin embargo, su consumo de energías renovables, representa tan solo el 10%, (U.S. Energy Information Administration, 2017). En España por otra parte, existen intentos de ciudades 100% verdes, que están llegando a una producción en base a fuentes renovables que supera el 85%; la fuente más representativa es la eólica, (Red Eléctrica de España, 2017).

En Ecuador sin embargo, la dependencia del consumo de energía fósil no es ajena a la realidad mundial, en el año 2008, los combustibles fósiles representaban el 84% de las fuentes de energía (Castro, 2011; Ojeda & Francisco, 2014), superado por Venezuela con un consumo del 89% , y seguido por Bolivia con un 82%; sin embargo con una dependencia superior a países limítrofes, Perú y Colombia, para quienes la energía fósil representa un 71% y 74%, respectivamente, de la energía total consumida.

Uno de los mayores problemas en el país, probablemente es la institucionalidad actual y la alta carga buro-

crática, que no promueve la diversificación de las fuentes de energía, lo cual conlleva a la profunda dependencia del petróleo. A pesar de esta situación, es necesario mencionar los esfuerzos realizados para la generación de energía a través de fuentes renovables, lográndose consolidar varios megaproyectos hidrológicos, lo cual es importante, con miras a la generación de energía renovable, pero nos genera dependencia de un solo recurso, el agua.

La economía ecuatoriana se ha caracterizado por ser proveedor de materia prima, pero importador de productos terminados, en este marco, en el periodo 2009-2013 el gobierno nacional, a través de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) impulsó un cambio del patrón de especialización productiva de la economía, que permita al país generar mayor valor agregado en su producción, mediante el desarrollo y fortalecimiento de diferentes sectores considerados como estratégicos, (Senplades, 2014). Por otra parte, el pueblo ecuatoriano está acostumbrado al uso de combustibles fósiles, sin embargo, no costea el valor total de la producción de estos; es el gobierno ecuatoriano, el que ha impuesto un subsidio que ayude en la economía familiar. Empero, es necesario realizar una consideración especial con respecto a los subsidios, ya que, a más de presentar un alto costo para el país, su eliminación implicaría un alto costo político, pues un pueblo que ha estado acostumbrado por décadas a este tipo de ayuda, sería completamente renuente a la eliminación de las mismas; y esta premisa, le plantea un reto al actual gobierno de turno, encontrar una forma de producir energía a bajos costos. En este marco, Ecuador, bus-

cando alinearse con políticas mundiales de desarrollo sostenible y en concordancia con los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir, el gobierno nacional propuso el cambio de su matriz productiva, esto implicaba cambiar la matriz energética. Según la (Senplades, 2014), la matriz productiva, es el conjunto de productos, procesos productivos y relaciones sociales, resultado de los procesos técnicos, económicos e interacciones entre diversos grupos sociales, quienes utilizan los recursos que tienen a su disposición para producir algo. Por su parte, la matriz energética es una representación de la energía primaria, tal como se encuentra en la naturaleza, y energía secundaria, la que se obtienen luego de un proceso de transformación, ofertada en un territorio y en un tiempo determinado; es decir la oferta, demanda y los procesos de transformación de la energía. Para el año 2016, la matriz energética del Ecuador, estaba compuesta en un 88% de petróleo, 5% gas natural, 4% hidroeléctrica, 3% biomasa, (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2013). Sin embargo, la estructura de generación eléctrica, está constituida de la siguiente manera: 49.13% térmica, 45.57% hidráulica; 1.59% biomasa; 0.32% eólica y 0.07% solar. En noviembre del 2016, la OLADE, reconoció los esfuerzos realizados por el gobierno ecuatoriano, en el marco del cambio de su matriz energética, destacando la construcción de sus 8 centrales hidroeléctricas, en donde se evidencia un claro compromiso para abandonar la matriz basada en recursos fósiles, por una en donde el 90% representa fuentes no renovables de energía, (Ministerio de Hidrocarburos, 2016).

Panorama actual de la generación de energía

Hasta 1970 un 44% de la energía consumida en el Ecuador provenía principalmente de biomasa tal como leña o carbón³; sin embargo el boom petrolero de esta década cambió drásticamente la estructura o matriz energética en el país; para el 2008 las fuentes de energía de biomasa (carbón y leña) representaron apenas el 6% y los combustibles fósiles el 84%, este efecto se explica por el crecimiento y desarrollo de las urbes. El boom petrolero, contribuyó con el desarrollo de ese entonces una débil industria, además fomentó el crecimiento desordenado de las ciudades, incremento del ingreso per cápita y crecimiento del sector de transporte (Lescaroux, 2011).

Ecuador ha aprovechado su condición de exportador, cuando se han presentado picos petroleros, es decir, la producción máxima de petróleo cuyos niveles no se vuelven a dar (Alekklett et al., 2010; De Almeida & Silva, 2009); este pico petrolero, de acuerdo a algunos expertos, a nivel global ya habría sucedido (Campbell & Laherrère, 1998; De Almeida & Silva, 2009), esta situación se evidencia, dado que en la década pasada (2000-2010) los descubrimientos de petróleo fueron menores a su consumo, sin embargo se cuentan con reservas de combustibles fósiles, aparentemente para 40 años en el caso del petróleo, 60 años en el caso del gas natural y en el caso del carbón para los siguientes 120 años (Lior, 2010; RT, 2013). La presencia de picos petroleros motiva a países exportadores como el nuestro, a explotar en mayor cantidad sus yacimientos, para aprovechar el máximo rendimiento posible; sin embargo, en nuestro país, esta

3 Vegetal

situación representa la dependencia posterior de importación de bienes transformados, los que por presencia del mismo pico petrolero, se comercializarán a niveles sumamente elevados. Para que estas situaciones no afecten en gran medida, la economía del pueblo ecuatoriano, el estado ha impuesto subsidios a combustibles derivados del petróleo y al GLP.

Las nuevas aristas de la política ecuatoriana, están en camino a convertir al país en exportador de productos terminados, por lo que se ha realizado un sinnúmero de esfuerzos con el objetivo de consolidar la construcción de la refinería del Pacífico; sin embargo, esta situación proporcionaría un estado de confort al sector del transporte, manteniendo posiblemente la política de subsidios, lo que no incentivaría la adopción de nuevas tecnologías que generen energía a partir de fuentes renovables.

A partir del 2009 algunas políticas de gobierno se orientaron a reemplazar o minimizar fuentes de energía que consumen derivados de petróleo por fuentes de energía renovable, hidroeléctricas en su mayoría; este proceso se vio enmarcado dentro del proyecto denominado “Cambio de la matriz Energética”, promovido por la SENPLADES y ejecutado por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. La propuesta inicial fue alcanzar en el año 2017 una producción total de energía eléctrica del 90.3% en relación al año 2013 que fue de apenas el 54.8%. (Conelec, Plan maestro de electrificación 2013-2022). El primer análisis que se realiza en cuanto a matriz energética está relacionado con la oferta de energía, en la siguiente tabla, se detalla los mega proyectos energéticos, su capacidad productiva y su impacto.

Tabla 2. Proyectos energéticos

Proyecto	Ubicación	Capacidad Productiva	Impacto	Estado
Coca codo SINCLAIR	Provincias de Napo y Sucumbios, cantones El Chaco y Gonzalo Pizarro	1500 MW de potencia	<ul style="list-style-type: none"> · Reemplazo de la generación térmica · Reducción de emisiones de CO₂ en aproximadamente 3.45 millones de Ton/año. · Sustitución de la importación de energía. · Generación de fuentes de empleo directo. · Beneficio a más de 20 mil habitantes mediante la implementación de nuevas prácticas de compensación a través de programas de desarrollo integral y sostenible como: implementación y mejoramiento de sistemas de alcantarillado, agua potable y tratamiento de desechos; apoyo en la infraestructura en varios centros educativos de parroquias y comunidades cercanas. 	Operando
Proyecto hidroeléctrico DELSITANISAGUA	Provincia de Zamora Chinchipe, cantón Zamora	180 MW de potencia	<ul style="list-style-type: none"> · Aportará con una energía media de 1411 GWh/año. · Reemplazara la generación térmica · Reducirá las emisiones de CO₂ en aproximadamente 0.48 millones de Ton/año. · Sustituyendo la importación de energía. · Creación de 1531 fuentes de empleo directo hasta la fecha. · Beneficio directo a más de 25 mil habitantes correspondientes al cantón Zamora. 	En construcción Avance del 87,02% (Julio 2017)



Proyecto	Ubicación	Capacidad Productiva	Impacto	Estado
Proyecto hidroeléctrico MANDURIACU	Provincias de Pichincha e Imbabura, cantones Quito y Cotacachi.	65 MW de potencia	<ul style="list-style-type: none"> Mejoramiento de vías. Construcción y rehabilitación de puentes. Construcción y equipamiento de Centros de Salud Rural. Elaboración de estudios e implementación de sistemas de agua potable y alcantarillado. Dotación de servicio eléctrico a las comunidades de Cielo Verde, Río Verde, Sta. Rosa de Manduriacu, El Corazón, Chontal, Guayabillas, Sta. Rosa de Pacto. Campañas de salud oral, nutrición y control epidemiológico. 	Operando
Proyecto hidroeléctrico MAZAR DUDAS	Provincia de Cañar, cantón Azogues	21 MW de potencia	<ul style="list-style-type: none"> Ejecución de programas de desarrollo integral y sostenible como: manejo adecuado de desechos sólidos, mejoramiento de infraestructura educativa. Proyectos de mejora en cuanto a la cobertura y servicio eléctrico de las parroquias Taday, Pindilig y Rivera. Obras en el eje de construcción (mejoramiento y mantenimiento de infraestructura y vialidad). Obras de dotación de servicios básicos y saneamiento (alcantarillado y sistemas de agua potable). Capacitación en educación ambiental y mejoramiento de los sistemas productivos existentes. 	En construcción <i>Avance global de 87,32% (Julio 2017)</i>

Proyecto	Ubicación	Capacidad Productiva	Impacto	Estado
<p>Proyecto hidroeléctrico MINAS DE SAN FRANCISCO</p>	<p>Provincias de Azuay y El Oro, cantones Pucará, Zaruma y Pasaje.</p>	<p>275 MW</p>	<p>Implementación de nuevas prácticas de compensación a través de programas de desarrollo integral y sostenible. Proyectos de electrificación que implican el mejoramiento en los servicios eléctricos y de alumbrado público en los cantones de Pucará, Zaruma y Pasaje. Ejecución de proyectos de infraestructura y vialidad específicamente la construcción e implementación de obras de seguridad y mejoramiento de vías. Realización de estudios, construcción y mantenimiento de sistemas de servicios básicos y saneamiento, capacitación en mejoramiento de la productividad agraria y asesoría técnica agropecuaria.</p>	<p>En construcción Avance global de 97,20 % (Julio 2017)</p>



Proyecto	Ubicación	Capacidad Productiva	Impacto	Estado
Proyecto hidroeléctrico QUIJOS	Provincia de Napo, cañón Quijos.	50 MW de potencia	Ejecución de programas de desarrollo integral y sostenible como: rehabilitación y mantenimiento de infraestructura educativa, estudios para manejo ambiental de cuencas hídricas, implementación de sistemas de agua potable y alcantarillado, control epidemiológico, dotación de mobiliario a centros de salud y educativos, apoyo a la construcción de un relleno sanitario.	En construcción <i>Avance global de 46.72 % (Julio 2017)</i>
Proyecto hidroeléctrico SOPLADORA	Límite provincial de Azuay y Morona Santiago, cantones Sevilla de Oro y Santiago de Méndez.	487 MW de potencia	Durante su construcción 15 mil habitantes de la zona de influencia del proyecto, se beneficiaron mediante la implementación de nuevas prácticas de compensación a través de programas de desarrollo integral y sostenible se implementaron proyectos en Conservación Ambiental que fomenta medidas de adaptación al Cambio Climático, construcción y adecuación de infraestructura educativa; proyectos en infraestructura y vialidad; mejoramiento y equipamiento de centros de salud, construcción y mejoramiento de sistemas de agua potable y saneamiento, fortalecimiento de capacidades agropecuarias y capacitación en atención a turistas.	Operando

Proyecto	Ubicación	Capacidad Productiva	Impacto	Estado
Proyecto hidroeléctrico TOACHI PILATON	Provincias de Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas y Colopaxi, cantones Mejía, Santo Domingo de los Tsáchilas y Sigchos.	254.40 MW de potencia	<ul style="list-style-type: none"> Estudios para implementación y mejoramiento de sistemas de agua potable y alcantarillado. Dotación de suministro eléctrico a las comunidades de La Especie, La Palma, Mirabaf, Pampas Argentinas, Unión del Toachi, La Libertad de Alluriquín, Santa Rosa, Palo Quemado y Praderas del Toachi. Asistencia técnica para el desarrollo de emprendimientos pecuarios, agrarios y turísticos, así como la dotación de material para el mejoramiento de las vías y controles de salud epidemiológica. 	En construcción <i>Avance global de 94,94 % (Julio 2017)</i>
Proyecto eólico VILLONACO	Provincia de Loja, cantón Loja.	16.5 MW de potencia	<ul style="list-style-type: none"> Mejoramiento de infraestructura y equipamiento de Centros Educativos. Dotación de suministro eléctrico a las parroquias de Sucre y San Sebastián. Mejoramiento de vías Capacitación a los moradores de la zona en control fitosanitario de cultivos, jardinería y mantenimiento de áreas verdes. 	Operando

Fuente: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable

Elaboración: Autores

Otras de las políticas del gobierno nacional ha sido la creación del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), quien ha ejecutado los siguientes programas en su planificación estratégica 2014-2017:

Tabla 3. Proyectos energéticos de fuentes renovables, desarrollados por el INER

FUENTE DE ENERGÍA	PROYECTOS	UBICACION
Biomasa	· Laboratorio para termovalorización de biomasa y residuos sólidos urbanos.	Carapungo - Quito
	· Reactor piloto de cogasificación de residuos sólidos para producción de combustible.	Carapungo - Quito
	· Aprovechamiento energético de biomasa residual del Piñón	Galápagos
	· Producción de hidrogeno a partir de la biomasa residual de la producción de banano.	Región costanera
	· Captura de carbono de emisiones de plantas termoeléctricas para producción de biocombustible a partir de microalgas.	Quito
Eólico	· Parque eólico VILLONACO	Loja y Catamayo
	· Aprovechamiento de la geotermia para climatización de edificaciones.	Guayaquil
	· Atlas geotérmico del Ecuador.	Tufiño – Chiles – Cerro Negro, Chachinbiro, Chacana, Chalpatan y Chalupas
Geotermia		

FUENTE DE ENERGÍA	PROYECTOS	UBICACION
Solar	· Instalación de estaciones meteorológicas.	17 - Cuenca 10 - Chimborazo Estaciones meteorológicas
	· Modelización de sistemas solares híbridos con cogeneración para aplicaciones industriales.	

Fuente: Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías

Renovables

Elaboración: Autores

Otros proyectos propuestos que no han sido consolidados son:

En eficiencia energética:

1. Estudio para edificaciones de bajo consumo energético en Yachay.
2. Evaluación del ciclo de vida de la electricidad.
3. Levantamiento de una línea base para investigación en eficiencia energética en el sector transporte.

En energías renovables:

4. Uso de energías alternativas en el transporte marítimo de pasajeros en Galápagos.
5. Análisis del comportamiento de un parque eólico en condiciones extremas.
6. Plan para líneas de investigación para el desarrollo de la geotermia.

7. Estudio para uso de suelo como sumidero de calor para reemplazo de torres de enfriamiento/enfriadores evaporativos.
8. Métodos para el control de calidad y complementación de datos en parámetros meteorológicos relacionados con la utilización de energías renovables.
9. Modelo cinético e implementación de reactor piloto para co-gasificación de residuos sólidos y carbón vegetal para la producción de combustibles.

Otro de los factores importantes en el estudio de la matriz energética es la demanda de energía, para lo que consideraremos los usos más importantes: el sector de transporte incrementó de un 33% de consumo de energía al 52% en la década del 2000, el sector residencial que para la década 1970 representaba algo más del 40% del consumo energético del país, para el año 2000 llegó aproximadamente al 20% del consumo total. En cuanto a la industria, también experimentó un incremento en su consumo energético, evidenciando avances en el aparato productivo del país, (Castro, 2011). Para el año 2016, el consumo estuvo clasificado en 39.6% para el sector industrial; 29.6% sector residencial; 22.3% comercial y alumbrado público, y el 8.4% al sector de la construcción, (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2017)

El incremento de la demanda de energía en los sectores residenciales y de transporte, con mayor pronunciamiento que el Industrial, responde además a una política de subsidios, que en el caso de transporte está presente en el diésel y la gasolina y en el caso de la energía, en el GLP. En este sentido, el cambio de la matriz energética

y su implementación, no solo se ha de impulsar en el sector residencial, como podría pensarse, sino además en toda la estructura de consumo energético. Reemplazar las fuentes de energía fósil por aquellas renovables resulta imperante para un alivio climático y urgente para mitigar financieramente las arcas del estado.

El cambio de la matriz energética en Ecuador, como insumo para el cambio de la matriz productiva, estuvo orientado por un conjunto de políticas que buscaban abandonar de manera ordenada la importación de energía o la producción de estas a través de termoeléctricas, para comenzar una nueva etapa de generación de energía en hidroeléctricas. (Senplades, 2013). La propuesta inicial fue alcanzar una generación eléctrica utilizando fuentes renovables que superen el 90% de la generación total (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2013), según información de este mismo ministerio, para el 2016, se cumplía cabalmente los objetivos. Aunque la Senplades pretendía diversificar las fuentes de energía, este objetivo no ha tenido mucho alcance, se han llevado a cabo grandes esfuerzos en este marco, como por ejemplo la construcción del parque eólico de Villonaco; no se ha logrado cumplir con el 6% de energía que debían provenir de fuentes de energía no renovables. Ante esto, la meta fue generar energía limpia a partir de las hidroeléctricas, quedando las otras fuentes de generación eléctrica en segundo plano.

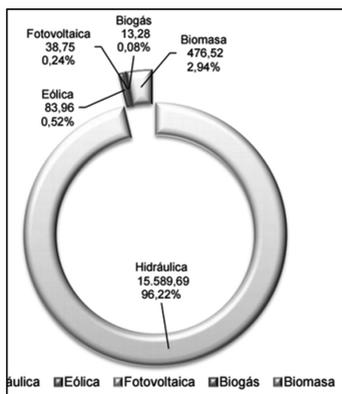


Ilustración 2 Generación de Energía por Tipo. (ARCONEL, 2016)

Lo mencionado evidencia un aspecto importante: el Ecuador depende básicamente de agua y Petróleo; lo cual no garantiza la seguridad energética; entendida esta como “*la diversificación de las fuentes de energía y sus proveedores...*”(Chester, 2010). Podría también entenderse como la disponibilidad, confiabilidad y accesibilidad a las fuentes de energía por parte de los consumidores y ciudadanos (UNEP, 2011). Lo cual implica un cambio global de las fuentes de energía, uso racional de la energía en general y cambios en la matriz energética por medio de una razonable diversificación que considere como base, energías de carácter sustentable (Lior, 2010; World Bank, 2010). Es decir, contar con fuentes de energía diversas, las cuales nos permitan mitigar los riesgos de desabastecimiento generados por la falla de alguna(s) de las fuentes generadoras. La seguridad energética, va también de la mano con la mitigación de los riesgos económicos, sociales y ambientales, especial-

mente de aquellos segmentos que conviven alrededor de los proyectos hidroeléctricos (Chester, 2010).

Según el (IPCC, 2011), las políticas a implementar para conseguir una seguridad energética han de contemplar:

1. Un manejo adecuado de los riesgos para minimizar las interrupciones en la oferta,
2. Superar la falta de capacidad de generación,
3. Facilitar el acceso a fuentes de energía renovables, y
4. Conformar una matriz energética tal que permita disminuir la dependencia de energías importadas.

En todo caso, y bajo las precedentes recomendaciones, se han desarrollado algunas políticas, la mayoría de estas dirigidas a la producción de energía a través de hidroeléctricas, aún somos dependientes de un solo factor de generación eléctrica, el agua. Una diversificación hacia fuentes de energía alternativas y renovables tales como: eólica, geotérmica, solar, bioenergía, olas y mareas, resulta adecuada para el fortalecimiento de la seguridad energética, cuyo *talón de Aquiles*, a nivel de América Latina inclusive, se haría más evidente en el caso de un período de estiaje que afecte de manera considerable el suministro de agua (Magrin et al., 2007).

Por otro lado, las fuentes de energía fósiles, al menos para el transporte, se prevén sigan siendo las predominantes dado que el gobierno no plantea una disminución de subsidios de los combustibles derivados del petróleo, cuya brecha para cubrir el precio de importación frente al precio de venta para el año 2016 fue de 627.7USD millones (Banco Central del Ecuador, 2016), destinados a diésel y gasolinas. Ello sacrifica o condiciona investi-

gación, desarrollo e implementación de nuevas formas de energía como por ejemplo biocombustibles, entre los cuales, las generadas con cascarilla de arroz, residuos de caña de azúcar, entre otros, pueden ser los más factibles (se dispone en estos casos de materia prima). Todo ello orientado a un sector específico (el transporte), que como se mencionó anteriormente, es el que más energía consume y el más vulnerable ante una eventual disminución de las reservas petroleras.

En el consumo energético residencial, en cuanto a cocción de alimentos, una de las iniciativas importantes, pero que al parecer no serán implementadas totalmente, dado el alto costo económico, social y político, son las cocinas a inducción en reemplazo de aquellas que utilizan GLP, por varios aspectos, en primer lugar, el pueblo no estaría dispuesto a realizar una erogación económica alta, al cambiar el artefacto, cocina, si no encuentra estímulos que lo lleven a realizarlo; por otra parte, datos históricos de la generación de energía eléctrica, demuestran que en épocas de estiaje, se tiende a presentar racionamientos; finalmente el costo político en el que incurriría el gobierno de turno, es muy alto, como para dar el gran paso a una nueva forma de utilización de la energía. El plan inicial fue reemplazar más de 3 millones de cocinas GLP por cocinas a Inducción. Esto ante el hecho de que el 92% (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2013); de los hogares utiliza el GLP como fuente de energía para la cocción. Del GLP utilizado y subsidiado, el 88% es importado (El Telégrafo, 2013), lo que supone una fuerte carga económica para el estado.

Históricamente a parte de la biomasa y, desde luego, de la hidroelectricidad, las fuentes de energía alternativas

y/o renovables han jugado un papel casi nulo en la generación energética del país. Es importante notar que en el periodo 2003-2012 la demanda prácticamente se duplicó (CONELEC, 2013), lo cual constituyó una brecha a ser cubierta, en cierta medida por la importación de energía desde Colombia y/o Perú. Ello sin duda motivó la construcción de hidroeléctricas. No obstante, existen alternativas de generación, mencionadas anteriormente, que no se las ha impulsado en debida forma, sin embargo y debido a los avances tecnológicos en especial en las últimas 3 décadas los costos de inversión de las diferentes fuentes de energía ha permitido reducciones del orden de un 40% en las tecnologías relacionadas a biomasa, del 70% en geotermia y del 90% en energías eólica, solar fotovoltaica y solar térmica. (Arent et al., 2011), anotando que los tipos de energía (tecnologías) que se adopten en el país serán las que se encuentren en la fase de despliegue y comercialización. Castro, 2011, en un estudio realizado en conjunto con el Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental, indica que las fuentes alternativas que el Ecuador podría utilizar, son las siguientes:

- En lo referente a energía eólica, turbinas grandes en tierra (*onshore*) y algunas de pequeña escala para soluciones descentralizadas
- En energía solar, los sistemas solares fotovoltaicos (PV); los sistemas solares para calefacción o calentamiento de agua y los térmicos concentrados para la generación de energía.
- En biomasa, la combustión combinada de biomasa (*co-firing*), la generación eléctrica a través de biodigestores de residuos sólidos y agrícolas,

y los biocombustibles de primera generación provenientes de cultivos en tierras marginales.

- En energía geotérmica, los reservorios de aguas termales.

Todas estas alternativas son consideradas por (Castro, 2011), quien considera la infraestructura del país, los costos que cada tipo de energía generarían y la disponibilidad de los recursos.

Conclusiones

El estudio presenta un claro panorama de la situación actual del Ecuador, referente a su matriz energética, los proyectos que se han dado, las propuestas presentadas, y además menciona algunas alternativas, que podrían incluirse en planes posteriores. En primer lugar, es necesario entender que la matriz energética es el conjunto de energías primarias y secundarias, que abastecen la demanda de un país; en este concepto la matriz energética ecuatoriana, históricamente ha estado compuesta por recursos fósiles, los que dada su larga explotación cada vez son más escasos, y afectan en mayor medida al medio ambiente. Las nuevas tendencias globales, así como los planes nacionales, la constitución del 2008, el Plan Nacional del Buen Vivir, entre otros exhortan a un cambio de la matriz productiva, para transformar al Ecuador de un país exportador de materia prima, importador de productos terminados, a un país exportador de productos procesados; bajo esta óptica la energía no es la excepción, y se pretende convertir al Ecuador en una nación exportadora de combustibles y energía. Varios

esfuerzos se han dado en este marco, sin embargo, no todos los esfuerzos se han consolidado.

Se ha logrado generar energía de manera limpia, a través de termogeneradoras e hidroeléctricas, lo que nos vuelve menos dependiente de los recursos fósiles; no obstante, se ha avanzado mucho menos en otras fuentes de energía, para las cuales se han desarrollado únicamente proyectos en papel, que no se consolidan como realidades palpables.

No por esto se debe descuidar la exportación petrolera, al contrario, se debería tomar acciones simultáneas y paralelas, necesarias para tratar de dar algún valor agregado al petróleo y no esperar solamente situaciones favorables del mercado internacional, que incrementen su precio. Los recursos provenientes del mismo deberían constituir la punta de espada de un proyecto ambicioso de fortalecimiento de energías alternativas para el transporte, por ejemplo, y disminuir la vulnerabilidad de este sector “motor del desarrollo de los pueblos”, hacia el comportamiento variante de los precios del crudo.

Se había dicho que el Ecuador contaba con reservas de petróleo para 40 años, si antes de cumplir ese tiempo se ha logrado desarrollar por lo menos una iniciativa sostenible de transición hacia energías renovables para el transporte en el país, podría mantener la esperanza de no entrar en crisis ante un agotamiento de las reservas de crudo; cuyas estimaciones se calculan en aproximadamente 20 años, esta transición hacia fuentes de energía distintas a las fósiles se motiva por una parte, por el peso que suponen los subsidios a combustibles en el presupuesto gubernamental; y por otra parte, por el

agotamiento de una fuente importante de recursos, por lo tanto, la necesidad de buscarlos para la importación de crudo o sus productos refinados. Por lo tanto, el desarrollo de la matriz energética no puede alejarse de esta realidad, que, en cualquier escenario, ha de llegar más temprano que tarde.

No es necesario vaticinar un escenario completamente negativo, Ecuador está dando grandes saltos, está realizando inversiones sumamente elevadas para lograr un cambio sustancial en su matriz energética, dicho cambio implicaría, por una parte, el alivio para las arcas fiscales, por la eliminación de los subsidios, al generar una energía mucho más económica, por otra parte, se daría un adecuado cuidado al medio ambiente, al utilizar y cuidar fuentes renovables de energía. Finalmente, se garantizaría la seguridad energética, evitando la dependencia a un solo factor; sino se desarrollaría un sistema de producción energética, el mismo que contemple varias aristas que se transformen en contingencia frente a cualquier eventualidad. El país da pasos agigantados, pero estos quedan cortos, frente a los avances del mundo. Es menester del gobierno de turno, no escatimar recursos, ni esfuerzos, por conseguir generar energía de manera segura, económica y amigable con el medio ambiente, para fortalecer la economía; ya que la energía es el motor de toda economía.

Referencias

- Aleklett, K., Höök, M., Jakobsson, K., Lardelli, M., Snowden, S., & Söderbergh, B. (2010). The Peak of the Oil Age - Analyzing the world oil production Reference Scenario in World Energy Outlook 2008. *Energy Policy*, 38(3), 1398–1414. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.11.021>
- Anderson, D. (2000). Energy and Economic Prosperity. In *World Energy Assessment. Energy and the challenge of Sustainability* (pp. 393–414).
- ARCONEL. (2016). *Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2015*.
- Arent, D. J., Wise, A., & Gelman, R. (2011). The status and prospects of renewable energy for combating global warming. *Energy Economics*, 33(4), 584–593. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.11.003>
- Banco Central del Ecuador. (2016). *Reporte Del Sector*.
- Barry, G., Hiriart, G., Bertani, R., Bromley, C., Negrín, L. G., Huenges, E., ... Zui, V. (2011). Geothermal Energy. In C. von Stechow, O. Edenhofer, R. P.-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, ... S. Schlömer (Eds.), *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* (pp. 571–621). Cambridge: Cambridge University Press.
- Boyle, G. (2012). *Renewable energy : power for a sustainable future* (Third ed.). Oxford: Oxford University Press in association with the Open University. Retrieved from <https://bibdata.princeton.edu/bibliographic/8892713>
- Campbell, C. J., & Laherrère, J. H. (1998). The End of Cheap Oil. *Scientific American*, 278(3), 78–83. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0398-78>

- Castro, M. (2011). *Hacia una matriz energética diversificada en Ecuador*. CEDA Centro Ecuatoriano de desarrollo Ambiental. Retrieved from www.ceda.org.ec
- Chester, L. (2010). Conceptualising energy security and making explicit its polysemic nature. *Energy Policy*, 38(2), 887–895. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.039>
- CONELEC. (2013). *Estudio y Gestión de la Demanda Eléctrica. Plan Maestro de Electrificación 2013-2022* (Vol. II). Quito. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Dan, A., Balaya, P., Cabeza, L., Hollands, T., Arnulf Jäger-Waldau, M. K., Konseibo, C., ... Zilles, R. (2011). IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. In En Christoph von Stechow, O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, ... S. Schlömer (Eds.) (pp. 470–570). Cambridge: Cambridge University Press.
- De Almeida, P., & Silva, P. D. (2009). The peak of oil production-Timings and market recognition. *Energy Policy*, 37(4), 1267–1276. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.11.016>
- El Telégrafo. (2013, August). El 88% del GLP de Consumo Interno es Importado.
- Grubler, A. (2008). Energy Transitions. In C. J. (Ed.), *Encyclopedia of Earth*. Washintong, DC.
- IIASA. (2009). GGI Scenario Database Version 2.0.1.
- IPCC. (2011). *Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático: Resumen para responsables de políticas y resumen técnico*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. [https://doi.org/ISBN 978-92-9169-331-3](https://doi.org/ISBN%20978-92-9169-331-3)
- Kammen, D. (2004). Renewable Energy, Taxonomic Overview. In Elsevier (Ed.), *Encyclopedia of Energy* (pp. 385–412). Berkley.

- Lescaroux, F. (2011). Dynamics of final sectoral energy demand and aggregate energy intensity. *Energy Policy*, 39(1), 66–82. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.09.010>
- Lior, N. (2010). Sustainable energy development: The present (2009) situation and possible paths to the future. *Energy*, 35(10), 3976–3994. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.03.034>
- Lund, H., & Mathiesen, B. V. (2009). Energy system analysis of 100% renewable energy systems-The case of Denmark in years 2030 and 2050. *Energy*, 34(5), 524–531. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.04.003>
- Magrin, G., García, C., Cruz, D., Juan, C., Giménez, C., Moreno, A., ... Villamizar, A. (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In E. C. Hanson, M. Parry, Osvaldo Canziani, J. Palutikof, & P. van der Linden (Eds.) (pp. 581–616). Cambridge: Cambridge University Press.
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2013). *Plan Maestro de Electrificación 2012-2021* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2017). Programas y Servicios.
- Ministerio de Hidrocarburos. (2016). Olade reconoce cambio de la matriz energética de Ecuador con una participación del 90% de energía proveniente de fuentes renovables – Ministerio de Hidrocarburos. Retrieved November 13, 2017, from <http://www.hidrocarburos.gob.ec/olade-reconoce-cambio-de-la-matriz-energetica-de-ecuador-con-una-participacion-del-90-de-energia-proveniente-de-fuentes-renovables/>
- Ojeda, A. G., & Francisco, S. (2014). Combustibles para generación eléctrica, 1–10.

- Ramage, J. (2007). *Energy, a guidebook*. Oxford University Press. Retrieved from https://books.google.com.ec/books/about/Energy_a_Guidebook.html?id=YXzbAAAAMAAJ&redir_esc=y
- Red Eléctrica de España. (2017). Red Eléctrica de España. Retrieved November 13, 2017, from <http://www.ree.es/en>
- RT. (2013). Las reservas mundiales de petróleo podrían acabarse dentro de medio siglo.
- Senplades. (2013). Plan Nacional Buen Vivir 2013-2017.pdf. *SENPLADES-Ecuador*.
- Senplades. (2014). Transformación de la Matriz Productiva. *Transformación de La Matriz Productiva*, 32. <https://doi.org/10.1017/s0022029900021889>
- Thiel, I. (2014). Combustibles fósiles. Retrieved November 13, 2017, from <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/CombusFos.htm>
- U.S. Energy Information Administration. (2016). *International Energy Outlook 2016. International Energy Outlook 2016* (Vol. 0484(2016)). [https://doi.org/www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2016\).pdf](https://doi.org/www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2016).pdf)
- U.S. Energy Information Administration. (2017). Los países que más invierten en energías renovables. Retrieved November 13, 2017, from <http://omicron.elespanol.com/2017/02/paises-mas-inversores-energias-renovables/>
- UNEP. (2011). *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. Sustainable Development* (Vol. www.unep.o). <https://doi.org/10.1063/1.3159605>
- Uneso. (2013). *Impacto crisis global. Salvar el planeta y la humanidad* (Vol. I). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

United Nations Development Programme. (2000). *World Energy Assessment. Energy and the challenge of Sustainability. World Energy Assessment*. Retrieved from <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>

World Bank. (2010). *Development and Climate Change 2010*.