

**Universidad Andina Simón Bolívar**

**Sede Ecuador**

**Área de Ambiente y Sustentabilidad**

Maestría de Investigación en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo

## **Obstáculos a la transición energética en Ecuador**

**El caso de la generación eléctrica a partir de fuentes fotovoltaicas**

Geovanna Paulina Reinoso Recalde

Tutor: Willliam Sacher Freslon

Quito, 2023





## Cláusula de cesión de derecho de publicación

Yo, Geovanna Paulina Reinoso Recalde autor de la tesis intitulada “Obstáculos a la transición energética en Ecuador: El caso de la generación eléctrica a partir de fuentes fotovoltaicas”, mediante el presente documento dejo constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Magíster en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo por lo tanto la Universidad, utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en los formatos virtual, electrónico, digital, óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

10 de mayo de 2023

Firma: \_\_\_\_\_



## Resumen

Desde inicios de siglo, el Estado ecuatoriano ha generado cambios sustanciales en los sistemas energéticos y de manera particular en el sector eléctrico. De la mano de millonarias inversiones provenientes de la explotación petrolera, la generación hidroeléctrica consistió en una primera “transición energética” en el país (a partir de inicios de los años 2000), en la que la participación de otras fuentes de energía renovable de tipo no convencional y que cuentan con un alto potencial de generación (solar, eólica, geotérmica...) quedó en un segundo plano. Mientras en el mundo la energía fotovoltaica se ha convertido en la tecnología de mayor crecimiento en los últimos años, en Ecuador continúa siendo la fuente de menor participación dentro de la matriz eléctrica nacional, pese al alto potencial de irradiación solar existente. A partir de este estudio, se pretende conocer las distintas barreras que han limitado la participación de la energía fotovoltaica en el mercado eléctrico local. Mediante una investigación de carácter exploratorio con un enfoque cualitativo, se realizaron entrevistas a un grupo de expertos en el campo energético y eléctrico. Desde distintas perspectivas, los expertos analizaron el mercado eléctrico ecuatoriano, la planificación de este sector, las características de los actuales sistemas energéticos y definieron las barreras para promover un mayor desarrollo de proyectos fotovoltaicos en el país. Los obstáculos identificados fueron agrupados en cinco categorías: políticos e institucionales; regulatorios; económicos; técnicos, y socioculturales. Dentro de estas categorías destacan aspectos como: el control que ejerce el Estado sobre los aspectos concernientes a la energía, la actual política de subsidios (tanto hacia los combustibles fósiles como la energía eléctrica), los procesos altamente burocráticos para la aprobación de nuevos proyectos fotovoltaicos, la falta de incentivos económicos para los inversionistas, así como la falta de investigación a nivel local y de educación energética en la población.

Palabras clave: transición energética, energía fotovoltaica, obstáculos, soberanía, seguridad, sustentabilidad



Para Emilio...



## **Agradecimientos**

Mi agradecimiento profundo a William, por su guía y dedicación durante la elaboración de este trabajo y a Jorge Forero y Eduardo Noboa por su revisión y valiosas contribuciones al mismo.

A todas las personas que participaron en esta investigación: Marcos Ponce Jara, Renato Oña Pólit, José Jara Alvear, Istvan Hervas, Diego Arias-Cazco, Santiago Sánchez, Christian Marín, Gino Pinargote Escudero, Eduardo Rosero, Santiago Flores, muchas gracias por su tiempo, sus aportes y por compartir sus perspectivas sobre el sector energético y eléctrico en el país.

A mi familia, por todo su cariño y soporte siempre.



## Tabla de contenidos

Figuras y tablas .....	13
Abreviaturas.....	15
Introducción.....	17
Capítulo primero: Energía, soberanía, seguridad y sustentabilidad .....	21
1. La soberanía energética.....	21
2. La seguridad energética.....	23
3. La sustentabilidad energética .....	27
4. Soberanía, seguridad y sustentabilidad: decisiones locales con impactos globales .....	28
5. La soberanía, seguridad y sustentabilidad energética en el Ecuador: una aproximación a la Constitución de Montecristi .....	31
Capítulo segundo: Transiciones energéticas: una aproximación al sector eléctrico ecuatoriano.....	33
1. La actual transición energética: más allá de la sustitución de las fuentes de energía .....	34
2. La generación energética en Ecuador: evolución de las fuentes primarias y secundarias de energía .....	35
2.1 Fuentes primarias de energía .....	36
2.2 Fuentes secundarias de energía.....	37
3. La “transición energética” en el contexto eléctrico ecuatoriano .....	38
3.1 La evolución del sector eléctrico en Ecuador .....	39
3.2 El sector eléctrico a partir del 2017 .....	45
Capítulo tercero: La energía eléctrica: situación actual y retos en las transiciones energéticas .....	49
1. La generación eléctrica en el mundo .....	50
1.1 Energía y cambio climático: las transiciones en el sector eléctrico.....	52
2. La generación eléctrica en la región .....	54
3. La generación eléctrica en el contexto ecuatoriano.....	57
3.1 La evolución de la generación eléctrica en el país .....	59
3.2 Emisiones de GEI en el sector eléctrico ecuatoriano.....	61
3.3 Prospectiva de futuro en la generación eléctrica del Ecuador .....	62

Capítulo cuarto: La energía fotovoltaica a escalas global, regional y local .....	65
1. La energía fotovoltaica en mundo .....	65
1.1 Perspectivas sobre la generación fotovoltaica a escala global.....	67
2. La generación fotovoltaica en la región .....	69
3. La energía fotovoltaica en Ecuador .....	70
3.1 La energía fotovoltaica como fuente complementaria en la actual matriz eléctrica ecuatoriana .....	73
3.2 El futuro de la energía fotovoltaica en Ecuador .....	75
Capítulo quinto: Obstáculos al desarrollo de la energía fotovoltaica en el sector eléctrico ecuatoriano.....	79
1. Obstáculos para la promoción de la generación fotovoltaica a escala global .....	79
2. Obstáculos para la promoción de la energía fotovoltaica en el contexto eléctrico ecuatoriano: síntesis de las entrevistas realizadas .....	80
2.1 Categorías de obstáculos para el desarrollo de la energía fotovoltaica .....	84
Conclusiones.....	91
Obras citadas.....	95
Anexos .....	105

## Figuras y tablas

Figura 1. La imposibilidad de la Trinidad Energética .....	29
Figura 2. Evolución de oferta y demanda energética (kBEP) (2010-2020) .....	37
Figura 3. Evolución de la tarifa eléctrica ecuatoriana (1999-2008) .....	41
Figura 4. Generación eléctrica mundial por tipo de energía (año 2020) .....	50
Figura 5. Generación eléctrica mundial por fuente de energía (año 2020) .....	51
Figura 6. Cambio en la participación de mercado de electricidad países del G20 .....	54
Período 2015-2020 .....	54
Figura 7. Generación eléctrica en la región por tipo de energía (año 2019) .....	55
Figura 8. Fuentes de generación eléctrica para países de América del Sur 2020 .....	56
Figura 9. Generación eléctrica en el Ecuador por tipo de energía (año 2020) .....	58
Figura 10. Generación promedio anual de las principales hidroeléctricas en Ecuador considerando el promedio y desviaciones estándar de proyecciones climáticas 2071-2100 .....	59
Figura 11. Generación eléctrica por tipo de fuente (GWh) Período 1999-2020 .....	60
Figura 12. Demanda anual de energía (GWh) en bornes de generación del SNI (2010-2020) .....	60
Figura 13. Evolución de las emisiones de GEI por fuente (2010-2020) .....	61
Figura 14. Capacidad acumulada de energía solar fotovoltaica (MW) a nivel global ...	66
Figura 15. Costes totales instalados, factores de capacidad y coste nivelado de la electricidad (LCOE) para la energía fotovoltaica, 2010-2020 .....	66
Figura 16. Capacidades instaladas de energía fotovoltaica por regiones (GW) año 2018 y proyecciones 2030, 2050 .....	69
Figura 17. Mapa de Irradiación Global Horizontal (GHI) anual en Ecuador .....	71
Figura 18. Complementariedad entre la generación hídrica y solar en Ecuador .....	74
Figura 19. Espacio donde se tenía prevista la operación de la Refinería del Pacífico y se destinaría a la operación de El Aromo en 290 ha .....	76
Tabla 1. Relación soberanía-seguridad energética según varios autores .....	26
Tabla 2. Evolución de la estructura energética primaria en el Ecuador (2010-2020) ....	37
Tabla 3. Evolución de las fuentes primarias de ERNC (2010-2020) .....	37

Tabla 4. Evolución de la estructura energética secundaria en Ecuador (2010-2020).....	38
Tabla 5. Proyectos Emblemáticos-Plan de Expansión de Generación 2013-2022.....	43
Tabla 6. Generación por tipo de fuente a nivel global (2015-2020).....	51
Tabla 7. Inversiones en energías renovables en países sudamericanos (2009-2018).....	56
Tabla 8. Capacidad Fotovoltaica Instalada a 2020 (GW) para grandes productores .....	66
Tabla 9. Inversión regional anual en la capacidad solar fotovoltaica (nueva y de reemplazo) 2019-2050.....	69
Tabla 10. Generación FV en países de América del Sur hasta año 2019 y participación de la energía FV en la matriz nacional .....	70
Tabla 11. Centrales fotovoltaicas en el Ecuador y potencias generadas .....	72
Tabla 12. Barreras para la adopción de sistemas fotovoltaicos.....	80

## Abreviaturas

AEEREE	: Asociación Ecuatoriana de Eficiencia Energética y Energías Renovables
ALC	: América Latina y el Caribe
ARC	: Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables
ARCERNNR	: Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables
ARCONEL	: Agencia de Regulación y Control de la Energía
BEN	: Balance Energético Nacional
BID	: Banco Interamericano de Desarrollo
CAF	: Banco de Desarrollo de América Latina
CDB	: Banco de Desarrollo de China
CELEC	: Corporación Eléctrica del Ecuador
CENACE	: Centro Nacional de Control de Energía
CEPAL	: Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CNEL	: Corporación Nacional de Electricidad
CONELC	: Consejo Nacional de Electricidad
ENOS	: Fenómeno de El Niño Oscilación del Sur
FERUM	: Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal
FIT	: Tarifa de alimentación
GEI	: Gases de efecto invernadero
GLP	: Gas licuado de petróleo
GW	: Gigawatio
IEA	: Agencia Internacional de la Energía
IIRSA	: Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana
INECEL	: Instituto Ecuatoriano de Electrificación
INER	: Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables
IPCC	: Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
IRENA	: Agencia Internacional de Energías Renovables
IVA	: Impuesto al valor agregado
KV	: Kilovoltio
KWh	: Kilovatio hora

LBE	: Ley Básica de Electrificación
LOSSPE	: Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica
LRSE	: Ley de Régimen del Sector Eléctrico
MEER	: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable
MEM	: Mercado Eléctrico Mayorista
MERNNR	: Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables
MW	: Megavatio
MWh	: Megavatio hora
OCDE	: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OLADE	: Organización Latinoamericana de Energía
PEG	: Plan de Expansión de Generación
PIB	: Producto Interno Bruto Nacional
PME	: Plan Maestro de Electrificación
PPS	: Proceso público de selección
REmap	: Ruta para la Energía Renovable
SFV	: Sistemas fotovoltaicos
SIN	: Sistema Nacional de Interconexión
TIE	: Transacciones internacionales de electricidad
UNASUR	: Unión de Naciones Suramericanas

## Introducción

Descarbonizar los sistemas eléctricos es uno de los objetivos centrales en la agenda política energética a nivel internacional y uno de los principales mecanismos para combatir los efectos del cambio climático. En este contexto, la energía fotovoltaica ha sido identificada como una de las principales fuentes renovables para avanzar en una transición energética sustentable del sector eléctrico y reducir con ello el empleo de recursos de tipo fósil, principales emisores de gases de efecto invernadero (GEI) en el mundo (Garlet et al. 2019, 157). No obstante, y como se ampliará en los siguientes capítulos, a nivel mundial su participación alcanza apenas un 3 % del total, hecho que pudiera estar asociado a una serie de barreras u obstáculos que, dependiendo del contexto de cada país, podrían ser de tipo político, económico, regulatorio, cultural, técnico, entre otros.

En Ecuador existen diferentes tipos de tecnologías tanto fósiles como renovables (convencionales y no convencionales), empleadas para la producción de electricidad. Desde inicios de siglo, contar con una matriz energética diversificada, soberana, segura y sustentable se ha convertido en el centro de las políticas y mecanismos que promueven la ejecución de proyectos renovables no convencionales como aquellos de tipo fotovoltaico. No obstante, con el fin de aprovechar el potencial hidroeléctrico, el país ha destinado millonarias inversiones para la construcción de centrales de generación hidroeléctrica responsables del 81 % de la actual producción, sin dejar de lado la producción térmica que, aunque en menor medida (8 %) sigue presente en la actual matriz. En contraste, y pese a los mecanismos empleados para promover su participación, la generación fotovoltaica pese a su alto potencial de generación no alcanza a cubrir ni el 1 % de la producción actual de energía eléctrica a nivel nacional.

La energía fotovoltaica a pesar de ser la fuente que mayor crecimiento ha experimentado en el mundo durante el periodo 2015-2020 (como se ampliará en el capítulo cuarto), mantiene una participación mínima en la generación eléctrica a nivel global (3 %). Considerando los posibles beneficios que trae consigo el empleo de fuentes renovables no convencionales en la generación eléctrica y el impacto que tendrían en la actual transición energética, resulta clave analizar en el contexto energético y eléctrico ecuatoriano, los principales obstáculos que enfrenta la energía fotovoltaica en el mercado eléctrico nacional para alcanzar una mayor promoción.

A escala global se han llevado a cabo investigaciones para identificar, según el contexto específico de cada país, aquellos obstáculos que limitan un mayor desarrollo y participación de la tecnología fotovoltaica en las matrices energéticas nacionales. Haciendo una revisión sistemática de más de treinta estudios desarrollados en 28 países de economías tanto emergentes como desarrolladas de América, Europa África y Asia, Karakaya y Sriwannawit (2015, 61-5) categorizan las barreras para el impulso de la energía fotovoltaica en cuatro dimensiones: económica, política, sociotécnica y de gestión.

Desde el punto de vista *económico*, los autores incluyen como barreras a la percepción de que los costos de los sistemas fotovoltaicos son altos en relación con los sistemas convencionales al igual que los costos de sus mantenimientos, además de la falta de subsidios como se ha dado en algunos países. En lo que respecta a las barreras *políticas*, la generación fotovoltaica se puede ver frenada por la estructura regulatoria propia de los países, los excesivos procesos burocráticos, la falta de regulación en las tarifas, la falta en la coordinación de políticas o el favorecimiento de unas fuentes de generación sobre otras. En el ámbito *sociotécnico*, la falta de educación en materia energética, o el escaso conocimiento de los sistemas fotovoltaicos, pueden generar una percepción negativa sobre ellos impidiendo su desarrollo; y, dentro de las barreras de *gestión* de estos sistemas se encuentran la inadecuada estrategia de negocio en el mercado, así como los mecanismos de financiamiento, de mantenimiento y de asistencia técnica de los sistemas instalados (Karakaya y Sriwannawit 2015, 61-5).

Considerando el contexto ecuatoriano, la presente investigación ha tomado como referencia la literatura existente y el criterio de varios expertos en el sector energético y eléctrico (desde la academia y el sector público y privado), como la base para *identificar las principales barreras que limitan una mayor participación de la energía fotovoltaica en la matriz de generación eléctrica a nivel nacional*. Por otra parte, el presente estudio buscó analizar el modelo de mercado eléctrico actual en Ecuador, la planificación eléctrica nacional, así como la transición energética en términos de soberanía, seguridad y sustentabilidad del sistema eléctrico ecuatoriano. La información levantada podría convertirse así, en un insumo para el diseño de medidas, políticas y estrategias enfocadas en impulsar una mayor participación de esta fuente en la actual matriz energética, aprovechando el alto potencial con el que cuenta a nivel local.

Acerca de la metodología, para analizar el modelo de mercado eléctrico actual en Ecuador, la planificación eléctrica nacional y la transición energética en términos de

soberanía, seguridad y sustentabilidad del sistema eléctrico ecuatoriano, se recopiló y analizó una serie de fuentes secundarias que incluyeron documentos nacionales e internacionales en materia energética y eléctrica, así como investigaciones previas realizadas en Ecuador que complementaron las entrevistas realizadas al grupo de expertos contactados (fuentes primarias). Para determinar en un contexto específico cuáles son las barreras u obstáculos que pueden limitar el desarrollo de una tecnología en el campo energético, según Painuly (2001 citado en Keeley y Matsumoto 2015, 9) la interacción con expertos del sector energético (mediante entrevistas semiestructuradas) es un mecanismo recomendado para cumplir este objetivo. El término “experto” se define como aquella persona que tiene conocimientos especializados adquiridos a través de la práctica o la experiencia (Kuhnert et al. (2010) en Matsumoto 2015, 9). En este sentido, para Kuhnert et al. (2010, 13), cuando se considera que los entrevistados se han catalogado como expertos, el número de la muestra que podría requerirse es de cinco entrevistados. En el marco de la presente investigación, se realizaron un total de ocho entrevistas semiestructuradas con expertos profesionales del país que desde varios ámbitos (gobierno, sector privado y academia) y desde distintas perspectivas, han estado estrechamente relacionados con la generación fotovoltaica en el país y cuentan con amplia experiencia en este tema. En el Anexo 1 se presenta de manera anónima un detalle del perfil de los entrevistados y su vinculación con el sector energético.<sup>1</sup>

Durante las entrevistas realizadas de manera virtual, que duraron en promedio 45 minutos, se pudo precisar la perspectiva de los entrevistados sobre el desarrollo de la energía fotovoltaica y los principales obstáculos para una mayor promoción de esta fuente. Además, las entrevistas permitieron conocer las percepciones de los expertos frente al modelo de mercado actual, la planificación eléctrica a nivel local, la transición energética en el Ecuador y la soberanía, seguridad y sustentabilidad de los actuales sistemas. La conducción de las entrevistas y las preguntas planteadas permitieron que las personas entrevistadas profundicen de manera espontánea temas específicos, considerando el ámbito de acción en el cual se desenvuelven.

Posterior a la sistematización de las entrevistas realizadas se pudo identificar las distintas barreras para la promoción de la tecnología fotovoltaica en el sector eléctrico ecuatoriano. Tomando en cuenta la literatura revisada, estas barreras u obstáculos se

---

<sup>1</sup> A cada profesional, según su área de experticia, se le ha asignó un código para identificarlo (“A” academia; “C” consultoría, “G” gobierno, “P” privado) acompañado de un número (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>).

agruparon en cinco categorías: políticos e institucionales, regulatorios, económicos, técnicos y socioculturales. En cada una de estas categorías, se detallaron una serie de aspectos que, a criterio de las personas entrevistadas, han limitado y continúan limitando el desarrollo de la energía fotovoltaica en el país, pese al alto potencial de irradiación solar con el que Ecuador cuenta.

Respecto a la estructura de la tesis, desde distintas perspectivas y enfoques, el capítulo primero del presente trabajo aborda los conceptos de soberanía, seguridad y sustentabilidad en el contexto energético, así como las relaciones entre estas tres dimensiones de la energía. El capítulo segundo busca profundizar el concepto de transición en los actuales escenarios climáticos y energéticos, además de tener una visión de la evolución del mercado eléctrico en Ecuador en los últimos sesenta años. Para conocer la situación actual de la energía eléctrica y los retos en las transiciones energéticas, se hará un repaso en el capítulo tercero de los mercados internacionales de energía eléctrica y la diversificación de sus fuentes, así como los planes de expansión propuestos a nivel nacional. El capítulo cuarto orienta a analizar a la energía fotovoltaica a escalas global, regional y nacional, como preámbulo para presentar los obstáculos al desarrollo de la energía fotovoltaica en el sector eléctrico ecuatoriano en la sección final de este estudio.

## **Capítulo primero**

### **Energía, soberanía, seguridad y sustentabilidad**

Los conceptos de soberanía, seguridad y sustentabilidad suelen aparecer con frecuencia en espacios donde se abordan los retos, tanto para garantizar el suministro y las crecientes demandas energéticas en el mundo, así como para enfrentar los efectos anticipados del cambio climático. No obstante, la definición de estas tres dimensiones de la energía está lejos de llegar a un consenso en quienes las usan de manera amplia en investigaciones, discusiones o discursos a nivel político, ambiental, social o económico, así como su relación y priorización en la toma de decisiones.

En el sector de la energía eléctrica, actual responsable del 42 % de emisiones de GEI en el mundo, mientras en Europa, América del Norte o Asia Central se contaba con una cobertura eléctrica del 100 % para el año 2019, en otras naciones de África más del 80 % de la población no tenía acceso a ese servicio para el mismo año (Our World in Data, 2020; Banco Mundial, 2019). Es así que, en tanto que algunos países priorizan en sus agendas la descarbonización de sus sistemas energéticos, como mecanismo para combatir el cambio climático, otros enfocan sus esfuerzos en garantizar el acceso a este tipo de servicio, empleando a menudo fuentes no renovables de energía. Pero ¿qué tan compatibles se muestran la seguridad, la sustentabilidad y la soberanía a la hora de diseñar los sistemas y las políticas energéticas que rigen a una nación?

El presente capítulo está destinado a la profundización de las diferentes nociones que se han tejido alrededor de estas tres dimensiones de la energía (soberanía, seguridad y sustentabilidad), sus relaciones y los escenarios que se generan cuando alguna no se considera como parte de los sistemas energéticos de un país. A nivel local, se detallará la manera en la que estas dimensiones se presentan desde la Constitución de Montecristi, instituida como la base del andamiaje legal que se ha desarrollado en el sector energético ecuatoriano y de manera particular en el eléctrico.

#### **1. La soberanía energética**

La soberanía en el ámbito energético se ha convertido en un término con distintas acepciones según el foro en el que se discute. Thaler y Hofmann (2021, 4-5), desde un enfoque en la política energética, la definen como “la capacidad de un país para decidir

de manera independiente sobre su estructura y fuentes de suministro energético y para formular y aplicar su política energética, las normas que rigen su mercado energético, y el funcionamiento de su sistema energético”. Para autores como Zubialde (2014, 5), por otro lado, la soberanía energética es “un concepto que establece un debate sobre el control de los recursos, el modelo energético y sus repercusiones sobre las personas, el entorno y sobre quién debe poseer el poder de decisión sobre todas estas cuestiones”.

Fue a inicios de siglo, no obstante, cuando los pueblos indígenas de América y los movimientos sociales del sur geopolítico articularon el concepto de soberanía energética, haciendo énfasis en el papel de la población local y sus instituciones para decidir sobre sus propios sistemas energéticos, en forma tal que les permita ser culturalmente relevantes y ecológicamente sustentables (Laldjebaev et al. 2015, 102). De esta manera, el reconocimiento de los derechos individuales, comunitarios o de la nación sobre la operación de los sistemas energéticos (incluidas sus fuentes de generación y los usos que se daba a la energía) se convirtieron en aspectos vinculados de manera directa a la soberanía energética (103).

Desde su investigación en la región en el campo de la geopolítica, las primeras publicaciones de Lahoud (2005a, 8), definían a la soberanía energética como “la propia capacidad de una comunidad política para ejercer el control y la potestad (entendida como autoridad) y para regular de manera racional, limitada y sustentable la explotación de los recursos energéticos, conservando un margen de maniobra y una libertad de acción que le permita minimizar los costos asociados a las presiones externas de los actores estratégicos que rivalizan por la obtención de esos recursos”. Como una vía para alcanzar la soberanía energética, en sus publicaciones más recientes, el autor propone que los países latinoamericanos la distinguan como un concepto más bien “emancipador” sobre el control, uso y protección de los recursos energéticos y la vincula con la seguridad energética en tanto se garanticen “políticas de accesibilidad, control, uso eficiente y sostenible y protección de la integridad de los recursos, en beneficio de la comunidad en su conjunto” (Lahoud 2018b, 202-3).

Caminar hacia un modelo de soberanía energética implica de acuerdo con Zubialde (2014, 5-35-48), construir nuevas alternativas que van más allá del campo energético, pues se requiere de transformaciones de carácter ambiental, económico, social y político. Schelly et al. (2020, 109-10) señalan que, además de atender los posibles impactos económicos, ambientales o sociales que se deriven de la generación y distribución del suministro energético, es importante potenciar en este modelo la toma de

decisiones y el derecho de las comunidades y los individuos de participar en cada aspecto relativo a las cuestiones energéticas. Así, dependiendo del tipo de desarrollo que busque una nación y el propósito social que se asigne a la energía, la soberanía podría orientarse hacia distintos caminos en lo que a estructura y fuentes de suministro se refiere y al funcionamiento del sistema, el mercado y las políticas energéticas que se establezcan (Turco 2018, 232; Thaler y Hofmann 2021, 5).

Los actuales sistemas energéticos, en su mayoría centralizados, orientados a la generación masiva y de carácter tecnócrata, sin importar la fuente de generación (renovable o fósil), se han caracterizado por no involucrar a la ciudadanía en la toma de decisiones (Turco 2018, 232-3). En contraste, los sistemas de tipo descentralizado, contruidos desde abajo hacia arriba, que se basan en la heterogeneidad de los territorios, la diversificación de las fuentes energéticas y que aplican mecanismos de generación distribuida<sup>2</sup> (con base en fuentes renovables), han mostrado que pueden favorecer la soberanía energética al incorporar formas de participación pública (233). De esta manera, se puede considerar a la soberanía energética como una vía de empoderamiento social que, atendiendo las múltiples escalas de los territorios, tiene la capacidad de transformar las actuales estructuras de poder, promoviendo la equidad intra e intergeneracional en materia de energía (237-8).

## **2. La seguridad energética**

Históricamente, la introducción del concepto de seguridad energética es atribuido a Sir Winston Churchill durante la Primera Guerra Mundial cuando fuera tratado como una cuestión de estrategia nacional (Yergin 2006, 69). De aquí en adelante, la noción de seguridad, al igual que la de soberanía, ha tenido varias interpretaciones en el debate energético y ha resultado ampliamente difundida en los discursos políticos.

En una revisión extensiva de la literatura, Sovacool (2011, 4-6) extrae 45 definiciones de seguridad energética propuestas desde la academia, así como diversas organizaciones e instituciones entendidas en la materia. Dada la amplia variedad de definiciones existentes, Chester (2010, 887) propone que el término es de “naturaleza polisémica, capaz de contener múltiples dimensiones y asumir diferentes especificidades dependiendo del país (o continente), período de tiempo o fuente de energía a la que es aplicado”. En términos generales, sin embargo, la seguridad energética implica un acceso

---

<sup>2</sup> Producción de electricidad a través de instalaciones pequeñas en relación con las grandes centrales de generación y que se pueden conectar en diferentes puntos de un sistema eléctrico.

libre de interrupciones u obstáculos hacia las fuentes de energía; una forma de autosuficiencia energética independiente, asequible, confiable, resiliente, disponible, accesible y sostenible (Cherp et al. 2012, 330). Otra forma de explicarla emplea cuatro aspectos específicos concernientes a la disponibilidad, accesibilidad, asequibilidad y aceptabilidad del suministro energético; lo que se conoce comúnmente como las “4 A’s” por sus siglas en inglés: *accessibility*, *availability*, *affordability*, *acceptability* (Laldjebaev et al. 2015, 101; Thaler y Hofmann 2021, 5), que se definen de la siguiente manera:

- *Disponibilidad (availability)*: Garantizar un suministro ininterrumpido de energía ya sea con fuentes autóctonas o externas.
- *Accesibilidad (accessibility)*: Contar con acceso a suficientes fuentes de energía primaria -en donde las energías renovables han resultado más asequibles que los combustibles fósiles- al igual que con la infraestructura apropiada para la transformación de la energía.
- *Asequibilidad (affordability)*: Disponer de los servicios energéticos a precios competitivos, predecibles y estables.
- *Aceptabilidad (acceptability)*: Tener una aceptación social y ambiental del suministro energético.

Según la Agencia Internacional de la Energía (IEA, por sus siglas en inglés) (2019), la seguridad energética implica garantizar la “disponibilidad ininterrumpida de fuentes de energía a un precio asequible”. Esto guarda relación con los criterios de accesibilidad, disponibilidad y asequibilidad, dejando de lado la noción de aceptabilidad misma que ha sido muchas veces criticada por su falta de especificidad en materia de seguridad (Thaler y Hofmann 2021, 4).

Al tomar en consideración los criterios presentados que hacen alusión a la seguridad energética, la incertidumbre actual en torno a la futura disponibilidad de fuentes no renovables de energía (carbón mineral, petróleo o gas natural), sumada a la volatilidad de sus precios en el mercado (como ha ocurrido con el petróleo en las últimas décadas) han generado preocupación en los países que dependen de ellas precisamente por no poder garantizar su seguridad energética futura (Vásquez y Gamio 2018, 197). En este sentido, será cada nación la encargada y responsable de plantear sus propias estrategias o iniciativas para garantizar dicha seguridad. Así, estas medidas podrían incluir la definición estratégica de reservas de combustibles fósiles, la implementación de mecanismos de innovación tecnológica o una diversificación de las fuentes de suministro

energético, privilegiando el uso de recursos renovables sobre aquellos de tipo fósil (Bauen 2006 citado en Gunningham 2018, 185).

### **Los vínculos entre seguridad y soberanía energética**

La relación entre soberanía y seguridad energética se ha tratado de distinta manera según los autores que la aborden, siendo para algunos, nociones complementarias, imbricadas o incluso incompatibles. Desde su investigación en el campo de la geografía humana y la seguridad energética, Laldjebaev et al. (2015, 107) explican el vínculo entre estas dos dimensiones, incorporando una tercera en el análisis: *la pobreza energética*. Este último concepto es definido por Reddy (2000, 44) como la “ausencia de opciones suficientes para acceder de una manera adecuada, asequible, fiable, de alta calidad, segura y ecológica a servicios de energía para apoyar el desarrollo económico y humano”. Así, mientras la seguridad es la meta de los países que enfrentan escenarios de pobreza energética, la soberanía (representada por voluntad popular en la toma de decisiones sobre los recursos energéticos) se convierte en el camino para alcanzarla (Laldjebaev et al. 2015, 107).

Mediante una ecuación esquemática, Lahoud (2018, 202) define la relación entre estas dos dimensiones como: “soberanía = seguridad energética + participación popular”; es decir, al combinar la seguridad energética y lo que esta representa (estabilidad en el abastecimiento, accesibilidad vista como un derecho humano, y sostenibilidad ambiental) con una comunidad más participativa en la administración de las políticas energéticas, se tendrán escenarios de mayor soberanía. Desde una óptica distinta, centrada en políticas públicas y haciendo referencia a lo planteado por Cherp y Jewell (2011, 202), Rodríguez Padilla (2018, 11) en el documento publicado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), presenta a la soberanía, la robustez y la resiliencia como tres dimensiones que componen la seguridad energética; cada una con raíces distintas pero que, resolviéndose de manera simultánea, pueden garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas energéticos:

- *Soberanía*: con raíces en las ciencias políticas, se vincula con la independencia energética de los países y se centra en el control del comportamiento de los sistemas energéticos y su protección contra interrupciones de acciones intencionales (sabotajes, ataques terroristas, entre otros).

- *Robustez*: con raíces en las ciencias naturales e ingeniería, se enfocará en la protección de las interrupciones de factores predecibles de tipo económico natural y técnico como fallas en la infraestructura energética, el crecimiento de la demanda del suministro o el aumento de precios de la energía.
- *Resiliencia*: con raíces en las ciencias económicas, considera, entre otros, interrupciones menos predecibles que se pueden generar por factores de cualquier naturaleza entre los que se encuentran la inestabilidad política, cambios regulatorios o los cambios climáticos extremos.

A criterio de Thaler y Hofmann (2021, 7) la seguridad y la soberanía en el contexto energético, constituyen objetivos que pueden llegar a ser inconciliables según como se definan las políticas energéticas de los países; y, dentro del camino por el que opten, podría privilegiarse a uno sobre otro. En la Tabla 1.1 se presenta un resumen de las diferentes posturas de los autores mencionados en este apartado en lo que a seguridad y soberanía energética se refiere, así como las relaciones entre ellas.

Tabla 1  
**Relación soberanía–seguridad energética según varios autores**

Dimensiones	Lahoud	Cherp y Jewell	Thaler y Hofmann
<b>Soberanía</b>	Aplicación de criterios de seguridad, vinculados a la participación de una comunidad en la administración de la política energética	Independencia energética de los países y protección de sus sistemas energéticos contra interrupciones por parte de agentes externos	Capacidad para tomar decisiones sobre la estructura y fuentes de suministro, así como el control total sobre la política energética, reglas del mercado y funcionamiento del sistema
<b>Seguridad</b>	Garantía de las políticas de accesibilidad, control, uso eficiente y sostenible y protección de la integridad de los recursos, en beneficio de la comunidad en su conjunto	Provisión ininterrumpida de los servicios energéticos asociada a preocupaciones relacionadas con la robustez, soberanía y resiliencia de dichos sistemas	Accesibilidad, asequibilidad, disponibilidad y aceptabilidad del suministro energético
<b>Relación soberanía seguridad</b>	La seguridad energética es parte de la soberanía	La soberanía es una perspectiva de la seguridad energética	La soberanía y la seguridad son dimensiones que pueden resultar incompatibles dependiendo la política energética

Fuente: Lahoud (2018); Cherp y Jewell (2011); Thaler y Hofmann (2021)  
Elaboración propia

La seguridad y la soberanía, sin embargo, no son las únicas dimensiones que se vinculan a las cuestiones energéticas. La *sustentabilidad* se ha convertido en una tercera

dimensión que, dada las preocupaciones en materia ambiental y climática, hoy forma parte de las discusiones en este contexto.

### **3. La sustentabilidad energética**

Antes de abordar la noción de sustentabilidad en el campo energético, es importante tener claridad en los conceptos de fuente primaria y fuente secundaria de energía. Las fuentes primarias hacen referencia a todo recurso disponible en la naturaleza sea este renovable, es decir, que puede restaurarse naturalmente día tras día como la energía solar, eólica, hidráulica, entre otras; o no renovable como el carbón, petróleo o gas natural (EIA, 2021). Las fuentes primarias tanto renovables como no renovables a través de un proceso de transformación se convierten en fuentes de energía secundaria como la electricidad la gasolina, el fueloil, entre otras. Las fuentes primarias de tipo fósil o no renovable son limitadas el planeta, su velocidad de consumo es mayor que la de su regeneración (EIA, 2021) y su empleo genera emisiones de GEI a la atmósfera que aumentan los niveles de calentamiento global.

Con el objetivo de mitigar los efectos del cambio climático, y considerando un posible agotamiento de sus reservas, el sector energético ha impulsado el uso de fuentes distintas a las fósiles. Así, para Thaler y Hofmann (2021, 4), optar por la vía de la sustentabilidad energética, implica el desarrollo de un sistema *carbono neutral* que fomente el uso de fuentes renovables provenientes del sol (energía térmica, fotoquímica y fotoeléctrica), indirectamente del sol (energía eólica, hidroeléctrica y fotosintética almacenada en la biomasa) o de mecanismos y movimientos naturales (energía geotérmica y de las mareas).

Como se ampliará en el tercer y cuarto capítulo, en la última década gracias a su favorable evolución tanto técnica como económica, los proyectos de energía renovable no convencional (ERNC) como la solar, o la eólica se han expandido tanto en países del norte como en los países del sur global. La expansión de este tipo de energías además de tener como ventajas las bajas o nulas emisiones de GEI, también ha contribuido al impulso de la soberanía energética entendida como la capacidad de los países para tomar decisiones sobre sus fuentes de suministro optando por recursos locales para su producción (Vásquez y Gamio 2018, 197). Sin embargo, dada las estructuras de los sistemas energéticos actuales, basadas en fuentes convencionales como las fósiles, impulsar el desarrollo de energías alternativas o renovables requiere considerar una serie

de enfoques metodológicos tanto ambientales, como económicos, sociales y técnicos previo a su empleo (Verbong y Geels, 2010, 1214; Chen et al. 2019, 1570).

En cuanto a la energía nuclear y su debate en torno a la renovabilidad de los sistemas, investigaciones recientes basadas en 123 países durante 25 años, muestran que este tipo de energía a gran escala no genera una disminución importante de emisiones nacionales de carbono, lo que, sumado a las cuestiones no resueltas sobre la gestión de los residuos nucleares, la excluyen del grupo de energías renovables (Sovacool et al. 2020, 928; Thaler y Hofmann 2021, 4). Es así que, en la actual coyuntura además de una *descarbonización*, se habla de una *desnuclearización* de los sistemas energéticos en los países que dependen de ellos y que los han promovido como un mecanismo para atender la actual crisis climática.

#### **4. Soberanía, seguridad y sustentabilidad: decisiones locales con impactos globales**

En la actualidad, el 73 % de las emisiones globales de GEI provienen del sector energético, por lo que, para hacer frente a los efectos ambientales, sociales y económicos del cambio climático, el reto en este campo es pasar hacia economías bajas en carbono sin dejar de atender las demandas y brechas de acceso a la energía (Our World in Data, 2020; Gunningham 2018, 184-6). Las transformaciones de los sistemas energéticos, no obstante, ni son sencillas ni obedecen a fórmulas que se ajustan a todos los países por igual. Así, mientras el cambio climático es un asunto de orden global que involucra a países del norte y sur geopolítico, los asuntos no resueltos sobre seguridad y pobreza energética se atienden desde lo local.

Con un enfoque en la política energética, Gunningham (2018, 184-6) hace referencia al *cambio climático, la seguridad y la pobreza energética* como tres dimensiones que constituyen una suerte de “trilema energético” dada las tensiones y posibles incompatibilidades entre ellas, que obliga a los estados a priorizar a una sobre otras en el diseño y aplicación de los sistemas energéticos. Este “trilema energético” se da particularmente en países catalogados como “en desarrollo” como es el caso de Indonesia en donde para 2010, el 65 % de su población no tenía acceso a servicios de electricidad a pesar de contar con grandes reservas de carbón y de disponer de un alto potencial geotérmico (Gunningham 2018, 186-7). Siendo las cuestiones financieras un limitante para esta nación asiática, en la elaboración de su política prevalecieron los criterios de seguridad y pobreza energética sobre los asuntos concernientes al cambio

climático por lo que continúa siendo un país que prioriza el empleo de combustibles fósiles como el carbón que cuenta con políticas de subsidio (Gunningham 2018, 187).

Basándose en la investigación de Gunningham; Thaler y Hofmann (2021,1) presentan un análisis de la problemática que enfrentan ya no los países “en desarrollo” sino lo que definen como “estados pequeños”<sup>3</sup> que, por sus condiciones geográficas, demográficas, energéticas, políticas o económicas, podrían tener que priorizar algunas dimensiones energéticas sobre otras en su camino hacia una transición en el contexto eléctrico. La seguridad coincide con una de las dimensiones propuestas por Gunningham, y reemplazan al *cambio climático y pobreza energética*, por la *soberanía y sustentabilidad energética*, señalando que tampoco pueden alcanzarse de manera simultánea, tratándose de una “imposibilidad de la trinidad energética”, como un equivalente al “trilema energético” propuesto por Gunningham. Frente a la imposibilidad de la trinidad energética, en el devenir de las políticas, los formuladores se enfrentan a tres escenarios de elección que se ilustran en la Figura 1.1:

1. Garantizar la seguridad y soberanía energética dejando de lado la variable de la sustentabilidad: *opción contaminante*
2. Mantener la sustentabilidad y soberanía a expensas de la seguridad energética: *opción insegura*
3. Maximizar la seguridad y la sustentabilidad energética relajando los esfuerzos sobre la soberanía: *opción no autónoma*

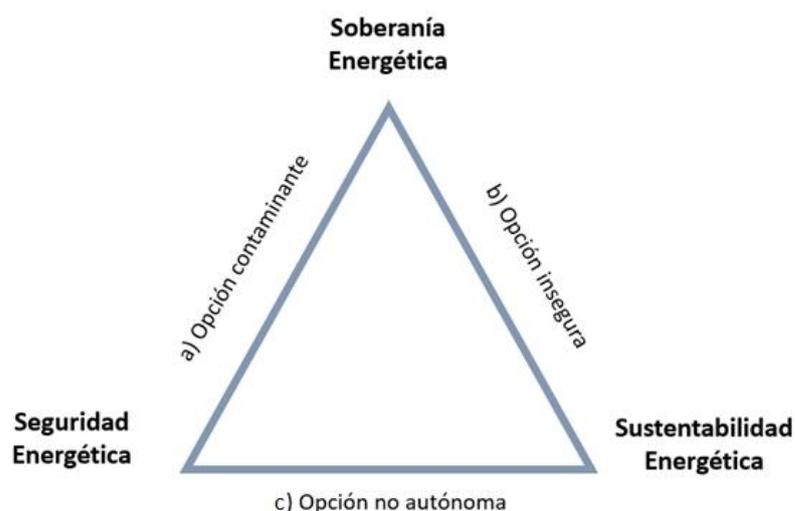


Figura 1. La imposibilidad de la Trinidad Energética  
Fuente y elaboración: Thaler y Hofmann (2021); traducción propia

<sup>3</sup> Estado pequeño: definido en términos de sus limitadas capacidades materiales, así como el tamaño de su población, PIB, gastos militares y territorio (Thorhallsson y Wivel 2006, citado en Thaler y Hofmann 2021, 2).

A continuación, se presenta una breve explicación de cada una de las opciones mostradas en la Figura 1 de acuerdo con lo establecido por Thaler y Hofmann (2021, 9-13).

- a) *Opción contaminante:* para muchos estados pequeños, esta alternativa representa por sus costos la opción escogida para mantener su seguridad energética (prioridad nacional). Sin embargo, al emplear recursos autóctonos (en el caso de países europeos la energía nuclear y en otros países los combustibles fósiles), se agrava la situación climática por el incremento de GEI y se genera la oposición de grupos ambientalistas en el mundo.
- b) *Opción insegura:* puede presentar dos caminos posibles. El primero -que no resulta viable para los formuladores de políticas- consiste en enfocarse únicamente en las fuentes renovables que tienen ventaja competitiva en los países a pesar de la intermitencia que puedan suponer; y, un segundo, enfocado en diversificar la matriz de generación renovable y las opciones de almacenamiento. No obstante, para llevar a cabo estas acciones, se requerirá inversiones provenientes de subsidios públicos que, en el caso de la energía eléctrica, podrían incrementar sus costos comprometiendo así el principio de asequibilidad.
- c) *Opción no autónoma:* mediante el comercio de la energía, se puede promover el uso de fuentes renovables y su almacenamiento impulsando las transiciones sustentables en estados pequeños. Estos procesos, no obstante, requieren una regulación clara y la cooperación transfronteriza, limitando así los aspectos de soberanía energética. En términos generales, integrarse a un mercado eléctrico más grande podría materializar las economías de escala y aumentaría la eficiencia en los procesos de transición garantizando la seguridad y sustentabilidad energética a costos más bajos.

Al enfrentarse a esta disyuntiva, algunos países, sobre todo en la región latinoamericana, como Ecuador, han optado por la generación hidráulica para satisfacer las necesidades de energía eléctrica de sus habitantes, alternativa que ha sido considerada como una medida para garantizar la seguridad, soberanía y sustentabilidad del sistema. Sin embargo, la construcción de mega centrales hidroeléctricas con las que funcionan ha mostrado no ser la mejor alternativa para garantizar la seguridad del sistema dada las múltiples interrupciones a las que se expone: períodos de sequía, terremotos y otros

desastres naturales, además de los pasivos financieros que dejan estos megaproyectos (Thaler y Hofmann 2021, 15).

### **5. La soberanía, seguridad y sustentabilidad energética en el Ecuador: una aproximación a la Constitución de Montecristi**

La problemática energética es un tema que, por la preocupación que genera, ha sido ampliamente tratada en la agenda política de los países. En el caso de Ecuador, tanto la energía como las dimensiones analizadas (soberanía, seguridad y sustentabilidad) han sido incorporadas en el texto de la Constitución de Montecristi (vigente desde el año 2008) y las posteriores leyes que se desprenderían de ella.

La construcción de la *soberanía energética* y los principios de *sustentabilidad* se abordan de manera cohesionada en varios artículos de la Constitución ecuatoriana manifestándose que, el Estado deberá garantizar y asegurar a través de sus políticas dicha soberanía, promoviendo además el uso de tecnologías que sean ambientalmente limpias, así como energías renovables, diversificadas y de bajo impacto ambiental, para suplir las necesidades energéticas de sus habitantes (EC 2008, arts. 15, 284, 334, 413). En la gestión de recursos naturales no renovables (que son patrimonio inalienable, imprescriptible, inembargable e irrenunciable del Estado) se priorizará entre otros, la responsabilidad intergeneracional y la conservación de la naturaleza y se minimizará los impactos negativos de carácter ambiental, cultural, social y económico (EC 2008, arts. 1, 317). De manera complementaria a lo contemplado en la Constitución del 2008, el Plan Nacional del Buen Vivir 2009-2013 ratificaba la importancia para el país de diversificar su matriz energética, sugiriendo la inserción de otros tipos de fuentes como la solar, eólica, biomasa, entre otras que sean sustentables a largo plazo.

En cuanto a la *seguridad energética*, la Constitución indica que, garantizar el acceso a la energía eléctrica, catalogada como un servicio público en el país, es una de las obligaciones del Estado ecuatoriano y deberá responder a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, y regularidad; es más, la energía en todas sus formas se cataloga como uno de los “sectores estratégicos” de la nación, para los que el Estado se reservará el derecho de administración regulación, control y gestión (EC 2008, arts. 313, 314), siendo este un mecanismo que repercutirá en el desarrollo del sector eléctrico, como se ampliará en los siguientes capítulos.

Estableciendo sus propios criterios de soberanía, seguridad y sustentabilidad (que como se ha visto, adquieren una amplia gama de significados según quién y dónde se aborden), e incorporándolos en su máximo instrumento de gobierno, Ecuador ha sido un país que, por lo menos desde la teoría, no muestra las incompatibilidades que tanto Gunningham como Thaler y Hofmann mencionan en sus estudios sobre estas dimensiones de la energía. Pero ¿qué ocurre en la práctica?, ¿qué aspectos se consideran en la política energética ecuatoriana y cómo se suplen las necesidades de energía en el país? ¿qué tan seguro, sustentable y soberano es el sistema energético ecuatoriano y en particular el eléctrico? En el siguiente capítulo se analizará, en el marco de una transición energética, las fuentes primarias y secundarias de energía que se emplean en Ecuador; y, dentro del sector eléctrico, los cambios generados en los últimos sesenta años en el modelo de mercado, la evolución de su marco regulatorio, y las políticas definidas en el país enfocadas en los principios de sustentabilidad, soberanía y seguridad.

## **Capítulo segundo**

### **Transiciones energéticas: una aproximación al sector eléctrico ecuatoriano**

Como se señaló en el capítulo anterior, en la actualidad, la quema de combustibles fósiles en el sector energético es responsable de más del 70 % de las emisiones de GEI a nivel global. Por esta razón, varios países del mundo han emprendido su *transición energética*, promoviendo la sustentabilidad de sus sistemas (al emplear fuentes de tipo renovable), buscando con ello mitigar los efectos del cambio climático. Sin embargo, la noción de transición tal como ocurre con la soberanía o la seguridad en el contexto energético, ha llegado a presentar distintos alcances que involucran aspectos que van más allá de las cuestiones asociadas a las fuentes de generación, pudiendo implicar una serie de cambios en la planificación, las políticas y otros aspectos de orden social, ambiental o económico.

El petróleo en el Ecuador, además de ser la principal fuente de energía primaria ha sido también la principal fuente de ingresos con la que el país ha financiado la construcción de varios proyectos que han impulsado la descarbonización del sector eléctrico. Con las regalías provenientes de su venta, y los cambios a nivel institucional y regulatorio, en un mercado controlado por el Estado, la generación hídrica se ha convertido en la fuente de predilección para esta transición. No obstante, la construcción de mega centrales hidroeléctricas (promovidas como una alternativa sustentable, segura y soberana desde el gobierno ecuatoriano) además de aumentar la capacidad de generación interna, también ha supuesto una serie de problemas técnicos y ambientales a nivel local.

A continuación, se abordará en esta sección el concepto de transición energética en los actuales escenarios climáticos y energéticos, y se examinará la generación de energía en Ecuador incluyendo las fuentes primarias y secundarias que se emplean para suplir las necesidades internas. Finalmente, en una aproximación al sector eléctrico, se presentará la evolución que el modelo de mercado ha tenido desde el año 1961 y los retos del actuales para cumplir los planes vigentes en materia eléctrica.

## **1. La actual transición energética: más allá de la sustitución de las fuentes de energía**

A finales de la década de 1970, en el contexto de la guerra fría y en un ambiente de temor por una posible guerra atómica, la noción de “transición energética” surge en Alemania de la mano del *Movimiento antinuclear* que se constituyó como un grupo civil de opositores a la energía nuclear que sostenían que es posible y necesario un mundo basado en energías de tipo renovable (Fornillo 2017, 48).

Desde allí, la idea de transición, tal como ocurre con otras cuestiones asociadas a la energía, se ha asumido de distintas maneras. Para Smil (2010, VIII), la transición energética, sea que se aborde en el ámbito local o global, envuelve una serie de cambios en las fuentes primarias de generación (provenientes de manera directa desde la naturaleza) y conlleva al desarrollo de nuevos modelos energéticos. No obstante, para otros autores como Bertinat (2016, 1-7) es necesario además incorporar en su análisis asuntos de políticas públicas, conflictos sectoriales, temas ambientales y tecnológicos, derechos humanos, alianzas geopolíticas, entre otros tantos; es decir, que la transición energética “no solo debe contemplar aspectos habituales como la seguridad de abastecimiento o la estructura de la balanza de pagos energética; también debe dar cuenta de la complejidad inherente a la constitución del sistema energético”. En consonancia con esta postura, Tissot-Colle y Jouzel (2013, 5) encuentran en este tipo de transiciones no únicamente una relación directa con las cuestiones energéticas, sino “una respuesta frente a los problemas climáticos, ecológicos, económicos y sociales”.

A lo largo de los años se han dado una serie de transiciones en el contexto energético debido al agotamiento de recursos, los avances tecnológicos o los altos costos laborales (Solomon y Krishna 2011, 7422). Para Vásquez y Gamio (2018, 197), la actual coyuntura ha llevado a una nueva transición energética impulsada principalmente por la incertidumbre en torno a la futura disponibilidad de los combustibles fósiles de los que dependen los sistemas energéticos actuales y que han sido ampliamente promovidos por países de América del Norte, Europa y Asia en los últimos años. A ello, se suma la preocupación en torno a los efectos del calentamiento global que ha promovido en más de 190 países objetivos de reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) - consensuados en el Acuerdo de París-, que requieren entre otros aspectos, de transformaciones en el sector energético y de estrategias efectivas de descarbonización de los sistemas actuales (Hu et al. 2017, 1; Geller 2003, 16).

De esta manera, para autores como Aklin y Urpelainen (2018, 45) y Chen et al. (2019, 1565) el emprender una transición energética en el contexto actual, requerirá del desarrollo de nuevas políticas energéticas (incluyendo la participación de varios actores en el proceso: reguladores, productores y consumidores), además de un cambio en los sistemas energéticos convencionales (al optar por fuentes de tipo renovable), y gestionar los costos sociales y ambientales, así como los riesgos y beneficios derivados de dicha transformación.

En Ecuador, de acuerdo con los reportes estadísticos presentados por BP (2021), a nivel nacional se cuenta con reservas de petróleo únicamente por un período de 7,4 años. Siendo un país altamente dependiente de este hidrocarburo, para Larrea (2012, 9), la transición energética ha sido identificada como una necesidad estratégica que gana relevancia en el escenario actual en donde estas reservas se estarían agotando. A inicios del presente siglo, el país experimentó un cambio en su política energética (dejando en cierta medida su dependencia hacia los combustibles fósiles) y se promovió el desarrollo de proyectos de energía renovable. La inversión de capital, sin embargo, privilegió la construcción de mega centrales hidroeléctricas a pesar de que en el pasado habían generado varios problemas (principalmente porque el país no cuenta con una política adecuada de manejo integral de las cuencas hidrográficas) y escasa atención recibieron las energías renovables no convencionales pese a su alto potencial de generación (Larrea 2012, 7). Mientras el sector eléctrico ecuatoriano ha avanzado en su proceso de descarbonización gracias al impulso que ha tenido la hidroenergía (como se ampliará en el siguiente capítulo), la participación de ERNC es aún insipiente en la matriz primaria de generación energética, mostrándose al año 2020 una fuerte dependencia hacia los combustibles fósiles que muy poco ha disminuido en los últimos diez años.

## **2. La generación energética en Ecuador: evolución de las fuentes primarias y secundarias de energía**

Como se mencionó en el capítulo anterior, las fuentes de energía se clasifican en primarias y secundarias. Las primarias constituyen todo recurso disponible en la naturaleza (fósil o renovable) que, a través de un proceso de transformación se convierten en una fuente de energía secundaria. En el mundo moderno, la electricidad ha sido la fuente secundaria de energía predilecta, cuya producción actual ha impulsado el empleo de fuentes renovables debido al agotamiento de los combustibles fósiles y los impactos ambientales que genera su uso (Karakaya y Sriwannawit 2015, 60).

Para analizar el comportamiento de las fuentes de energía en los países (renovables o no renovables), es común emplear las llamadas “matrices energéticas”. Se entiende por matriz energética al “estudio del sector energético en el que se cuantifica la oferta, demanda y transformación de cada una de las fuentes energéticas al interior del país, así como el inventario de recursos energéticos disponibles; considerando para estas variables su evolución histórica y proyección a futuro” (OLADE 2017, 25). En el caso de Ecuador, el Balance Energético Nacional (BEN), se constituye como el documento que consolida la información energética del país y da cuenta entre otros aspectos, de las matrices energéticas primarias y secundarias de energía que guardan relación con los sectores económico, social y ambiental (EC MERNNR 2020, 18).

## **2.1 Fuentes primarias de energía**

De acuerdo con el último BEN (2020), Ecuador ha sido y sigue siendo un país altamente dependiente de los combustibles fósiles en su producción primaria. Como se observa en la Tabla 2, en el año 2010 el 90,9 % y 4,6 % de la energía local provino del petróleo y gas natural respectivamente; porcentajes que, para el año 2020 tuvieron una ligera reducción alcanzando para el primero el 86,3 % y para el segundo el 4,3 % del total. Al igual que con el petróleo y el gas natural, la participación de la leña también se redujo un 0,3 %; y, por el contrario, la hidroenergía creció en los últimos diez años pasando del 2,7 % al 7,4 %, al igual que los productos de caña (EC MERNNR 2020, 51). La generación proveniente de ERNC como la eólica y solar, a pesar de haber crecido en un 400 % (tomando como referencia el año 2013) no llegan ni al 0,5 % del total, quedando en último lugar entre todas las fuentes.

Con fuentes fósiles y renovables, si se compara la generación total del 2020 en relación con la de 2019, se observa una reducción del 8,9 % en la producción primaria total, debido principalmente a la disminución en la producción de petróleo y gas natural (Tabla 2) (EC MERNNR 2020, 18). En lo que respecta específicamente a fuentes de ERNC, la de mayor participación continúa siendo la biomasa, seguida de la energía eólica, solar y en último lugar el aceite de piñón cuya producción del año 2020 aumentó un 2,4 % si se compara con la producción registrada en el año anterior (Tabla 3).

Tabla 2  
Evolución de la estructura energética primaria en el Ecuador (%) (2010 – 2020)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Var. (%) 2020/2019	Var. (%) promedio anual 2010/2020
PETRÓLEO	90,87	90,53	89,74	90,16	90,04	89,61	88,73	87,53	87,52	86,90	86,32	-0,7	-0,5
GAS NATURAL	4,63	4,29	4,83	4,98	5,03	4,91	5,13	4,88	4,66	4,36	4,26	-2,3	-0,8
HIDROENERGÍA	2,74	3,39	3,69	3,21	3,14	3,66	4,33	5,61	5,93	6,84	7,41	8,3	10,5
LEÑA	1,14	1,09	1,02	0,94	0,89	0,84	0,81	0,81	0,81	0,76	0,80	5,8	-3,5
PRODUCTOS DE CAÑA	0,61	0,70	0,73	0,69	0,87	0,93	0,95	1,09	0,97	1,04	1,10	5,2	6,0
OTRAS PRIMARIAS(1)	-	-	-	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,11	0,10	0,11	12,4	59,2
TOTAL PRIMARIAS	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-

(1) Incluye eólica, solar, biogás y otra biomasa.

Fuente: EC MERNNR, 2020

Tabla 3  
Evolución de las fuentes primarias de ERNC (kBEP) (2010 – 2020)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Var. (%) 2020/2019	Var. (%) promedio anual
EÓLICA	2,13	2,07	1,49	35,13	49,41	61,22	52,02	45,48	49,73	52,99	47,77	-9,8	36,5
SOLAR	-	0,04	0,20	2,27	10,21	22,34	24,01	23,22	23,59	23,31	23,40	0,4	105,4
ACEITE DE PIÑÓN	-	-	0,19	0,37	0,11	0,14	0,16	0,15	-	0,22	0,14	-36,2	-3,9
OTRA BIOMASA	-	-	-	-	-	-	48,56	97,65	159,22	149,15	159,83	7,2	34,7
TOTAL OTRAS PRIMARIAS	2,13	2,11	1,88	37,77	59,74	83,70	124,76	166,50	232,54	225,67	231,28	2,5	59,8

Fuente: EC MERNNR, 2020

## 2.2 Fuentes secundarias de energía

La producción de energía secundaria también ha experimentado varios cambios durante el periodo 2010-2020 mostrando una reducción general del 1,7 %. Dado que la demanda energética ha superado la producción en estos años (Figura 2), el país ha recurrido a la importación de recursos desde sus países vecinos Perú y Colombia.

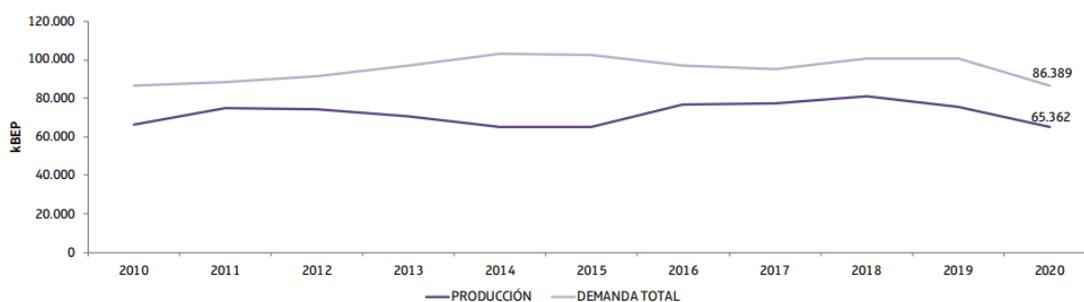


Figura 2. Evolución de oferta y demanda energética (kBEP) (2010-2020)

Fuente: EC MERNNR (2020)

De acuerdo con el último reporte del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR), en 2020 la energía con mayor participación en la producción secundaria fue la electricidad alcanzando un 30 % del total (siendo también la que más ha crecido estos años) seguida de combustibles como el fuel oil, diesel oil y gasolinas con

el 27 %, 15 % y 13 % respectivamente (Tabla 4), dejando en los últimos lugares al jet fuel, gas licuado, entre otras fuentes (EC MERNNR 2020, 24).

Tabla 4  
Evolución de la estructura energética secundaria en el Ecuador (%) (2010-2020)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Var. (%) 2020/2019	Var. (%) promedio anual 2010/2020
ELECTRICIDAD	12.088	12.729	14.157	14.412	15.061	16.079	16.924	17.369	18.119	20.003	19.361	-3,2	4,8
GAS LICUADO	1.566	1.947	2.032	1.912	1.508	1.146	2.055	2.088	1.912	1.398	1.393	-0,3	-1,2
GASOLINAS	8.916	10.992	10.847	9.743	7.685	7.440	11.996	11.348	11.968	11.022	8.577	-22,2	-0,4
JET FUEL	2.611	2.684	2.686	2.856	2.662	2.650	2.593	2.984	2.842	2.804	1.496	-46,7	-5,4
DIÉSEL OIL	12.226	14.087	13.212	11.831	10.981	10.812	14.112	14.076	13.652	13.060	9.827	-24,8	-2,2
FUEL OIL	19.202	21.949	20.750	19.127	16.762	16.959	19.980	20.638	23.720	19.029	17.315	-9,0	-1,0
GASES	685	691	716	730	772	934	698	646	691	667	573	-14,1	-1,8
OTRAS SECUNDARIAS	6.663	6.838	6.942	7.004	7.080	7.069	6.544	6.721	6.395	6.282	5.680	-9,6	-1,6
NO ENERGÉTICO	2.560	2.699	2.901	2.856	2.676	1.936	1.717	1.699	1.543	1.477	1.141	-22,8	-7,8
TOTAL SECUNDARIAS	66.517	74.615	74.243	70.474	65.186	65.023	76.618	77.570	80.842	75.743	65.362	-13,7	-0,2

Fuente: EC MERNNR, 2020

### 3. La “transición energética” en el contexto eléctrico ecuatoriano

La generación eléctrica en Ecuador ha dependido por décadas del empleo de combustibles fósiles que han debido ser a menudo importados por la falta de capacidad de refinamiento interna. Desde la década del sesenta del siglo XX, las políticas energéticas adoptadas en el país han impactado en su economía, en el suministro eléctrico y en las tarifas de consumo; y, aunque el petróleo siga siendo la principal fuente de energía y de ingresos en Ecuador, por lo menos en sector eléctrico, las acciones tomadas en los últimos años han permitido una reducción importante en su empleo (Ponce-Jara et al. 2018, 513).

Con el objetivo de corregir las fallas generadas en el pasado dentro del sistema eléctrico, disminuir la dependencia hacia las fuentes fósiles y hacer frente al cambio climático, el país ha emprendido una transición generando cambios en su matriz de producción eléctrica al potenciar la generación hídrica y en menor medida a otras fuentes renovables no convencionales (Ponce-Jara et al. 2018, 516). No obstante, aunque las transformaciones generadas en el sector eléctrico se han orientado a garantizar el abastecimiento energético en condiciones de soberanía (a través del desarrollo de los recursos energéticos nacionales), de sustentabilidad (al emplear energías renovables), y de seguridad (al producir energía mediante un sistema fiable y asequible), este sector ha demostrado ser muy vulnerable a aspectos de orden político y susceptible a una serie de cambios en su gestión (Vinces-Pinargote y Gutiérrez-Navia 2021, 202-3) como se detalla a continuación.

### **3.1 La evolución del sector eléctrico en Ecuador**

El sector eléctrico ecuatoriano ha experimentado una serie de transformaciones desde los años 60, impulsadas en gran medida por la variación de precios del petróleo en el mercado; así, Ponce-Jara et al. (2018, 513-6) distinguen en su investigación tres periodos específicos en los que tanto la operación como el control del sistema eléctrico ecuatoriano tuvieron distintos responsables a cargo.

#### **a) Período 1961-1999: los inicios del monopolio estatal en el sector eléctrico ecuatoriano**

Este período se caracterizó por desarrollar un modelo vertical y de monopolio estatal en el sector eléctrico. Hasta 1961, el sistema eléctrico en Ecuador estuvo dominado por empresas privadas y municipios, contando con un abastecimiento de apenas el 35 % en la población gracias a la generación térmica (60 %) e hidroeléctrica (40 %) (Paz y Miño, 2002). En ese mismo año se creó en el país el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), bajo la Ley Básica de Electrificación (LBE). Este instituto sería el ente encargado de todas las actividades del sector eléctrico (generación, transmisión y distribución) y que desarrolló además el Plan Nacional de Electrificación 1971-1985, instrumento con el cual, aprovechando los caudales de varios ríos, se promovió el desarrollo de la generación hidroeléctrica (con obras impulsadas gracias a los ingresos provenientes de la extracción del petróleo durante los años setenta) permitiendo así el crecimiento del abastecimiento en estos años (Paz y Miño, 2002).

A nivel global, para 1989 se promovía un conjunto de fórmulas económicas neoliberales en el llamado *Consenso de Washington*. La política neoliberal caracterizada por una reducción y control del gasto público, incrementos en las tarifas de bienes y servicios públicos, privatizaciones de las empresas públicas, entre otros aspectos, se empieza a hacer más evidente en Ecuador en el año 1992. En este año se dio paso a un proceso de apertura de la economía, se fortalecía el mercado y se debilitaba el sector público (Pazmiño y Rodríguez 2017,1-3). Alineado con los objetivos promovidos desde el Consenso de Washington, se crearon en el país una serie de leyes orientadas a terminar con el monopolio del Estado (Pazmiño y Rodríguez 2017, 3). Así, en el sector eléctrico, uno de los hitos importantes de este periodo fue la promulgación de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE) en el año 1996, publicada con el fin de modernizar este

sector, fomentar la participación privada y satisfacer las demandas crecientes de energía de la población.

En el año 1998, con la reforma constitucional se revocó la propiedad estatal de los sectores catalogados como “estratégicos” -en los que se encontraba el eléctrico- para facilitar su privatización (Nazmi 2004, 176) y para 1999, luego de treinta años desde su creación, el INECEL finalizaba sus operaciones debido principalmente al deterioro de la institución y la crisis económica de la década de los 80 y 90 en el país, generada por la caída de los precios de petróleo.

### **b) Período 1999-2007: los intentos para liberalizar el mercado eléctrico nacional**

Durante esta etapa el monopolio estatal finalizó y se estableció un modelo de mercado mayorista liberalizado (Mercado Eléctrico Mayorista, MEM) que inició su funcionamiento de manera parcial desde 1999 y estuvo conformado por generadoras, distribuidoras y grandes consumidores que formaban parte del sistema nacional de interconexión (SNI) (Vera et al. 2019, 9). Además, con la LRSE se definió el marco legal para la creación de las siguientes instituciones en sector eléctrico, cada una con competencias específicas:

- *Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC)*: entidad encargada de regular y controlar las todas las actividades definidas en la LRSE para el sector eléctrico.
- *Centro Nacional de Control de Energía (CENACE)*: entidad encargada de las transacciones comerciales del mercado mayorista de electricidad.
- *Empresas privadas y públicas*: encargadas de la generación, transmisión y distribución de electricidad.

En estos años, el Estado reguló y controló el sector eléctrico; no obstante, se dio paso al mencionado modelo de mercado que no encontró en la LRSE una base sólida para su desarrollo. A pesar de que esta ley tenía la intención de atraer nuevas inversiones de empresas privadas, no tuvo resultados positivos a nivel local por la falta de interés y capital de inversión. Por otro lado, la aplicación del modelo se vio dificultada por el precio de la energía que se encontraba subsidiado para consumidores domésticos, comerciales e industriales (llegando a ser un 44 % más bajo que la tarifa real de generación), obligando al país en 1999 a establecer un plan mensual de reajuste de tarifas. Para el mismo año,

debido a la crisis económica que atravesaba el país, la tarifa se redujo aún más, pasando de 0,0824 USD a 0,0250 USD por KWh, tarifa que se mantendría hasta el año 2000 y que, a pesar de los reajustes posteriores, nunca alcanzó a la tarifa real de producción como se muestra en la Figura 3.<sup>4</sup>



Figura 3. Evolución de la tarifa eléctrica ecuatoriana (1999-2008)

Fuente: CONELEC (2009); citado en Ponce-Jara et al. (2018)

Dada la asimetría en los ingresos que percibía la población ecuatoriana, los subsidios a la electricidad siguieron promoviéndose por los gobiernos desde 1997 al 2007 lo que afectó al flujo de caja de las empresas distribuidoras que acumularon grandes deudas para mantener su operación. Para el año 2006, de acuerdo con el EC CONELEC (2007, 3) se desencadenaba una crisis en el sector eléctrico derivada de los altos precios de la energía, la falta de inversión y de pago al mercado eléctrico, la baja calidad del servicio y el mal manejo de las empresas distribuidoras. Además, la fuerte dependencia a los combustibles fósiles, las altas pérdidas técnicas y no técnicas, los períodos de estiaje para centrales hidroeléctricas, las sobrecargas en las empresas eléctricas y la creciente dependencia hacia la importación de energía dificultaban aún más el panorama eléctrico en este año.

Frente a la situación de la época, el gobierno replanteó su estrategia bajo la lógica de que el Estado sea quien planifique la construcción de proyectos para la generación eléctrica (generación a gran escala). Se crea entonces el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable en el año 2007, actualmente (MERNNR), con el objetivo de

<sup>4</sup> En la actualidad, el costo del servicio eléctrico a nivel nacional continúa subsidiado: 0,0919 USD/kWh (escenario promedio para el año 2021) (EC ARC 2020, 24)), siendo que los costos reales de generación, transmisión y distribución superan los 0,15USD/kWh.

diversificar la matriz energética en el país y se desarrolló además el Plan Maestro de Electrificación (cambios que se dieron gracias a la reforma de la LRSE en 2006).

**c) Período 2007-2017: retomando la rectoría de los sectores estratégicos por parte del Estado**

Durante los primeros años de la década del 2000 surge en América Latina una ola de movimientos autodenominados “progresistas” que llegan al poder en países como Brasil, Argentina, Uruguay, Bolivia, El Salvador y Nicaragua. En el caso de Ecuador, este nuevo ciclo político arranca en 2007 de la mano del movimiento político Alianza País con su líder político Rafael Correa quien, en su intento por generar rupturas frente al modelo neoliberal, se encargaría de expandir la inversión pública y recuperar la rectoría del Estado sobre las empresas estatales en sectores estratégicos como la electricidad.

A nivel regional, en el marco de la UNASUR,<sup>5</sup> surge la Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana (IIRSA) como un mecanismo institucional de coordinación de acciones intergubernamentales para construir una agenda común para impulsar proyectos de integración de la infraestructura de transporte, energía y comunicaciones para aumentar la competitividad de la región (COSIPLAN, 2021). Basándose en lo que se denominó como “regionalismo abierto”, la IIRSA sería el proyecto en el cual el Plan Nacional del Buen Vivir diseñado en el gobierno de Correa se inscribiría en su mandato (Sierra 2011, 8) y en el que se contemplarían aspectos como la soberanía energética, los cambios en la matriz de generación y la mayor participación de fuentes renovables.

Para el año 2007, gracias a los ingresos derivados de la venta del petróleo (que se mantendrían hasta el año 2014) empiezan a mejorar las condiciones económicas en el país. Con los resultados positivos en los ingresos fiscales que se experimentaron estos años, el sector eléctrico se reforzó mediante la consolidación de empresas públicas de generación, transmisión y distribución, lo que permitió la inversión de programas de repotenciación de redes de distribución, operación y mantenimiento, además de un plan de expansión público que dejó sin mayor espacio a la participación privada (Rosero 2021, 30). Siguiendo las tendencias del mercado internacional en materia eléctrica, en el país se empiezan a promover entre otros, los llamados “proyectos emblemáticos” que incluirían ocho iniciativas de generación hidráulica y una de generación eólica que le representarían

---

<sup>5</sup> Unión de Naciones Suramericanas, constituido en 2008 e integrado originalmente por Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, Guyana, Paraguay, Perú, Surinam, Uruguay y Venezuela.

al Estado una inversión de aproximadamente 4.800 millones de dólares (financiados con instituciones chinas) para aumentar la capacidad del sector en 2.772,3 MW (EC CONELEC 2013, 33), como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5  
**Proyectos Emblemáticos – Plan de Expansión de Generación 2013-2022**

<b>Proyecto</b>	<b>Capacidad (MW)</b>	<b>Energía Media (GWh/año)</b>
1. Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair	1.500,0	8.743
2. Proyecto Hidroeléctrico Quijos (en construcción)	50,0	353
3. Proyecto Hidroeléctrico Manduriacu	60,0	349
4. Proyecto Hidroeléctrico Toachi Pilatón *	253,0	1.190
5. Proyecto Hidroeléctrico Sopladora	487,0	2.800
6. Proyecto Hidroeléctrico Mazar Dudas	20,8	125
7. Proyecto Hidroeléctrico Minas San Francisco	270,0	1.290
8. Proyecto Eólico Villonaco	16,5	64
9. Proyecto Hidroeléctrico Delsitanisagua	115,0	904
<b>Total</b>	<b>2.772,3</b>	<b>15.818</b>

(\*) No ha entrado en operación por fallas en su construcción de acuerdo con los informes de la Contraloría General del Estado

Fuente: EC CONELEC (2013)

Elaboración propia

Durante este periodo, en materia regulatoria, se aprobó en julio de 2008 el Mandato Constituyente No.15 como un mecanismo para que el Estado adquiriera un papel más importante en el sector eléctrico. De esta manera, se tomaron acciones como la definición de que el Estado sea la única institución encargada de hacer inversiones en la generación, transmisión y distribución de servicios eléctricos, así como el establecimiento de una tarifa eléctrica por tipo de consumidor, (siendo el Ministerio de Finanzas el que se encargue de cubrir cualquier diferencia entre la tarifa única y los costos de generación, transmisión y distribución) (EC 2008b, arts. 1, 2). Por otra parte, quedaron eliminadas las cuentas impagas de las empresas de generación, transmisión y distribución en las que el Estado tuvo participación, así como las deudas que estas empresas tenían con la empresa estatal Petroecuador (EC 2008b, arts. 6, 10). Desde la aprobación de dicho mandato, se promovieron una serie de regulaciones para aplicarlo (Reglamento CONELEC No. 006/08, CONELEC No. 013/08 y CONELEC No. 004/09) para establecer los nuevos parámetros regulatorios para el cálculo de tarifas únicas y las reglas comerciales del mercado eléctrico.

Más adelante, en ese mismo año, se aprobó la Reforma de la Constitución en el país, con aspectos específicos en su Capítulo Quinto en lo concerniente al sector energético y de manera específica al eléctrico. La energía eléctrica, al igual que todas las formas de energía, quedó definida como uno de los sectores estratégicos, en donde los derechos o la titularidad del Estado incluyen su administración, regulación, control y todo lo concerniente a su desarrollo (EC 2008a, art. 313). Además, siendo el Estado el responsable de la provisión de los servicios públicos como la energía eléctrica, sería quien controle, regule y disponga de precios y tarifas equitativas (EC 2008a, art. 314) y la política energética promovía “el desarrollo del sistema eléctrico nacional bajo los lineamientos de seguridad, soberanía y autosuficiencia; uso sustentable de los recursos naturales, con responsabilidad social y protección del medio ambiente; uso racional y eficiente de la energía primaria y secundaria; provisión energética eficiente y de calidad; incremento de la cobertura energética a precios socialmente justos; y, elevación de los estándares de vida de la sociedad ecuatoriana” (EC CONELEC 2009, 7).

Para el manejo de los sectores estratégicos, se estableció en la Constitución que el Estado debería constituir empresas públicas que estarían bajo la regulación y el control específico de los organismos pertinentes de acuerdo con la ley, pudiendo delegar excepcionalmente la participación a empresas mixtas en las cuales tenga mayoría accionaria; así como de empresas privadas y de economía popular y solidaria (delegación que se sujetará al interés nacional) (EC 2008a, arts. 315, 316). Es así como queda definido un rol más participativo, así como un mayor grado de intervención y regulación de la economía por parte del Estado (EC 2008a, art. 335). Posteriormente, con el fin de hacer aplicable la reciente Constitución, en el año 2015 se aprobó la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSSPE) derogando la antigua LRSE. Con la LOSSPE se reforzó la posición del Estado en el sector eléctrico, y el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) se constituyó como el ente encargado de la planificación y construcción de las instalaciones eléctricas, así como de la distribución de la energía y el mantenimiento y funcionamiento de todo el sistema de energía. Estas tareas de igual forma se podrían ejecutar ya sea a través de empresas públicas o mixtas donde el Estado sea el mayor accionista.

Además del ministerio, se crea la Agencia de Regulación y Control de la Energía (ARCONEL), actualmente Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables (ARC), como el organismo técnico administrativo que tendría como función controlar a las empresas eléctricas y establecer los pliegos tarifarios del

servicio eléctrico; el Operador Nacional de Electricidad (CENACE) para resguardar las condiciones de seguridad y calidad de la operación del SNI; la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC) integrada por los grandes generadores de energía y la empresa de transmisión de energía del país; y, la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) que es en la actualidad la mayor empresa distribuidora y comercializadora de electricidad pública. En 2012 se crea además desde el sector público el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER) para promover la investigación de las energías renovables y eficiencia energética.

De acuerdo con la visión del gobierno de Correa, la herencia recibida de administraciones pasadas incluía la desinversión en el sector eléctrico (909 millones de dólares durante el período 2000-2006 en comparación con 11.274 millones de dólares invertidos para el período 2007-2016), los altos costos de la electricidad, así como los estados financieros en rojo de la mayoría de las empresas eléctricas (EC MEER 2016, 61). Por ello, continuando con la misma tendencia experimentada en el período 2007-2016, se desarrolla el Plan de Expansión 2016-2025, cuya inversión prevista podría alcanzar los 15.334 millones de dólares, dentro del cual la inversión en generación llegaba a los 8.890 millones de dólares (EC MEER 2016, 37-44). De acuerdo con la Agenda Nacional de Energía 2016-2040, estas inversiones servirían para “disponer de energía en condiciones seguras, confiables, accesibles y a precios razonables, todo ello en un marco de sustentabilidad ambiental y garantizando al país los mayores niveles de soberanía”.

### **3.2 El sector eléctrico a partir del 2017**

Desde 2008 hasta 2015, el Ecuador experimentó un crecimiento sostenido del Producto Interno Bruto Nacional (PIB) que para esos años fue de 6,4 % y 0,1 % respectivamente. No obstante, la caída a nivel internacional de los precios del petróleo para el año 2016 generó una caída del -1,2 % en el PIB y con ello la disminución de los ingresos para el Estado (EC MERNNR 2019, 76). Al margen de la caída del PIB, la tasa de crecimiento del consumo de energía eléctrica en el país continuó siendo superior al de la economía desde el año 2016, aspecto que se atribuye principalmente al crecimiento en los sectores residencial, comercial e industrial, por lo que un aumento en la capacidad de generación se contemplaba en el diseño de los planes de electricidad (EC MERNNR 2019, 77).

Durante el mandato del presidente Lenin Moreno (2017-2021) se emitió un nuevo Plan Maestro de Electricidad (2018-2027) que, siguiendo la línea del anterior,

contemplaba una expansión del sector eléctrico con una inversión de 15.982 millones de dólares, (9.155 millones destinados a la generación). Este plan, aún vigente y que se lo ampliará en el siguiente capítulo, contempla el desarrollo de varios proyectos de ERNC que servirían para apoyar la transición en el sector eléctrico y requerirían para su ejecución de fuentes de financiamiento como recursos fiscales y créditos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), Banco de Desarrollo de China (CDB) y otras instituciones, además de una importante inversión del sector privado (EC MEERN 2019, 28-36).

Uno de los hitos importantes durante el gobierno de Moreno fue el impulso que recibió la generación distribuida, a través de la Regulación ARCONEL 003/18, denominada “Generación fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica” con el fin de que usuarios de manera particular puedan optar por la instalación de centrales fotovoltaicas de autoconsumo. Más tarde, en abril de 2021, la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, emitió dos normativas para la generación distribuida enfocadas en fomentar la producción de energía eléctrica basada en otras fuentes renovables además de la fotovoltaica (ARCERNNR-001/2021 y ARCERNNR-002/2021), que convierten a los consumidores en productores, gestores y usuarios finales de la energía.

A pocos meses de iniciada su gestión, el gobierno actual del presidente Guillermo Lasso, un líder de derecha y con ideas liberales y conservadoras podría, de acuerdo con Rosero (2021, 30), representar una ventaja en términos de impulsar el desarrollo de energías renovables y ser no únicamente eficiente en términos energéticos sino financieros al dar paso a una mayor participación privada. A nivel mundial, los costos de las tecnologías renovables como la solar o eólica se han reducido y podrían convertirse en alternativas para la diversificación de la matriz eléctrica ecuatoriana, que hasta ahora se ha centrado principalmente en la hidroelectricidad y que como se ha visto en los procesos de erosión regresiva en el río Coca o las fisuras en la tubería de conducción de la Central Coca Codo Sinclair (del grupo de los “proyectos emblemáticos”), darían una noción de la importancia de diversificar las fuentes de energía (Rosero 2021, 30-1).

Para los siguientes años la incorporación de nuevas ideas en la política energética ecuatoriana -como parte de la llamada transición- deberían contemplar la promoción de la autogeneración, la generación distribuida (tanto para autoconsumo como para inyección a la red), así como la creación de un mercado sólido de grandes consumidores (Rosero 2021,31). Por otro lado, el desarrollo e impulso que reciban los proyectos

contemplados en el Plan de Expansión de Generación 2018-2027 serán los retos del nuevo gobierno para cubrir las demandas de energía eléctrica que, exceptuando el año 2020, han mantenido una tendencia creciente en los últimos diez años.

Como se ha detallado en esta sección, si bien la estructura energética primaria en Ecuador depende aún en un 90 % de combustibles fósiles, gracias a los ingresos provenientes de la venta del petróleo y los cambios que se han dado en el mercado eléctrico nacional (en donde el Estado ha retomado su rectoría), el país ha avanzado en una transición hacia las fuentes renovables, principal y mayoritariamente basada en la construcción de mega centrales hidroeléctricas. Con una fuerte institucionalidad apoyada en la creación de leyes, ministerios y otros organismos estatales que controlan la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica (que continúa fuertemente subsidiada), se ha podido abastecer las demandas actuales de energía eléctrica cumpliendo, según la visión del mismo gobierno, los criterios de soberanía, seguridad y sustentabilidad. Sin embargo, el haber privilegiado la generación hidráulica, también ha supuesto una serie de problemas a nivel técnico y ambiental como los presentados en el proyecto Coca Codo Sinclair o Toachi Pilatón (que a pesar de su millonaria inversión aún no ha podido entrar en operación).

Continuando con el análisis del sector eléctrico ecuatoriano, en el siguiente capítulo se examinará con mayor detalle el plan de expansión eléctrico vigente y los proyectos que se proponen construir para abastecer los requerimientos nacionales electricidad. En un segundo momento, se analizarán las tendencias que rigen los mercados eléctricos a nivel global y regional, contrastando las fuentes de generación que se priorizaran a nivel nacional para los siguientes seis años.



## **Capítulo tercero**

### **La energía eléctrica: situación actual y retos en las transiciones energéticas**

En la actualidad, la generación eléctrica global depende de los combustibles fósiles, principalmente de carbón, y en menor medida de gas natural y petróleo. Siendo este tipo de generación la responsable de cerca de la mitad de las emisiones de GEI a nivel global, más de cien países en el mundo han planteado metas de descarbonización de sus sistemas hasta el año 2100 para limitar así, el incremento de temperatura en el planeta como lo establece el Acuerdo de París. En este sentido, la promoción de energías renovables como la solar o eólica ha ganado relevancia en los actuales escenarios energéticos, siendo las fuentes más desarrolladas entre los años 2015 y 2020. No obstante, las crecientes demandas energéticas de algunos países en desarrollo como China no se han podido suplir con ellas, por lo que han recurrido a las tradicionales fuentes fósiles que son más baratas y han permitido garantizar su seguridad energética y el crecimiento económico que persiguen.

Considerando su ubicación geográfica, la región latinoamericana cuenta con un alto potencial para la implementación de proyectos de tipo renovable que irían más allá de la hidroenergía que hoy, es la fuente más empleada para la producción eléctrica de estos países (incluyendo Ecuador). Sin embargo, factores como la vulnerabilidad de esta fuente frente a los episodios de sequía ha impulsado a varios países a adoptar políticas energéticas para impulsar la diversificación de sus matrices para garantizar la seguridad en su abastecimiento. Con un mercado internacional que está impulsando proyectos de tipo solar o eólico ¿qué tanto diversificará Ecuador su matriz de generación eléctrica en los próximos cinco años?

En este capítulo se hará un repaso sobre la situación de la energía eléctrica en el mundo y en la región, abordando los retos de la transición energética global. A nivel local, además de presentar la matriz de energía eléctrica actual, se analizará el Plan de Expansión 2018-2027 y la participación que tendrán las distintas fuentes de energía, según los proyectos contemplados en este documento.

## 1. La generación eléctrica en el mundo

A escala global, en la generación eléctrica continúan predominando las fuentes no renovables. Para el año 2020, de acuerdo con la revisión estadística de la BP (2021), de la producción total de energía eléctrica (25.865,7 TWh), la energía no renovable tuvo una participación aproximadamente del 61 %: carbón mineral (33 %), gas natural (23 %) y petróleo (5 %); un 29 % estuvo asociado a energías de tipo renovable y las fuentes nucleares fueron responsables del 10 % de la generación restante. Dentro de las energías renovables predominó la hidroenergía con el 17 %, seguida de un 9 % de generación renovable no convencional (solar 3 % y eólica 6 %), y finalmente un 3 % asociado a otras renovables: biomasa y geotermia (BP Statistical Review, 2021) (ver Figura 4).

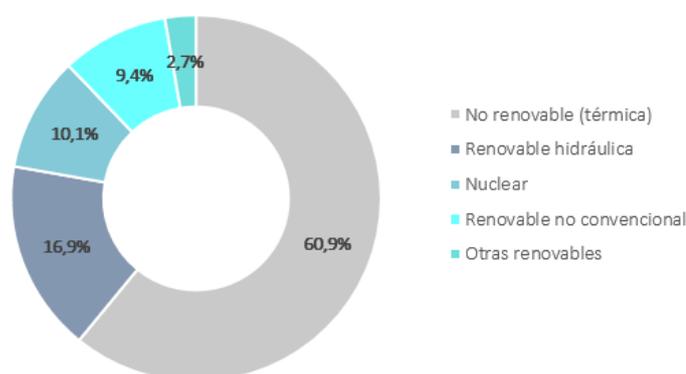


Figura 4 Generación eléctrica mundial por tipo de energía (año 2020)  
Fuente: BP Statistical Review (2021). Elaboración propia

Desde hace más de treinta años el carbón ha sido la mayor fuente de generación eléctrica a nivel global (Figura 5). No obstante, si se analizan los últimos cinco años de 2015 a 2020 (Tabla 6), su participación en el mercado ha caído ligeramente al igual que la del petróleo, mientras que la del gas natural se ha incrementado. Por lo contrario, la energía solar, eólica han sido las de mayor crecimiento en este periodo y en menor medida la hidro y la nuclear (BP Statistical Review, 2021).

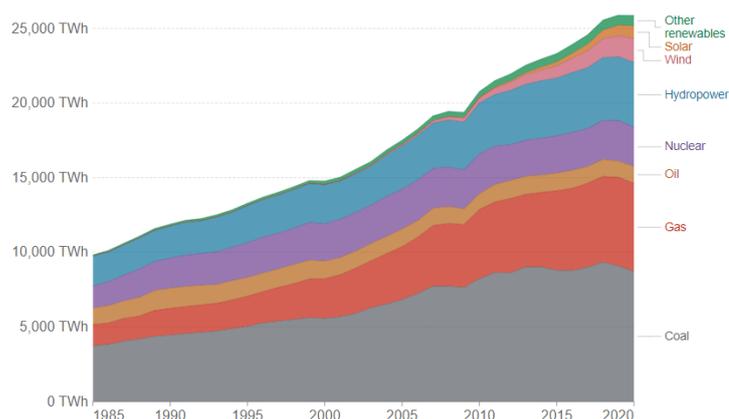


Figura 5. Generación eléctrica mundial por fuente de energía (año 2020)  
Fuente: BP Statistical Review, 2021; citado en Our World in Data

Tabla 6  
Generación por tipo de fuente a nivel global (2015-2020)

Fuente	Generación 2015 (TWh)	Generación 2020 (TWh)	Variación (%)
Carbón	8.805,06	8.735,8	-1 %
Gas natural	5.316,75	5.892,44	11 %
Petróleo	1.189,52	1.128,39	-5 %
Nuclear	2.496,12	2.616,6	5 %
Hidro	3.864,43	4.355,04	13 %
Solar	254,67	844,39	232 %
Eólica	828,65	1.590,19	92 %
Otras renovables	558,74	702,89	26 %
<b>Total</b>	<b>23.313,94</b>	<b>25.865,74</b>	

Fuente: BP Statistical Review (2021)  
Elaboración propia.

El empleo de carbón del año 2000 al 2019 creció un 63 %; no obstante, en el año 2020, se registró una caída nunca antes vista (-0,1 %), asociada a la pandemia del COVID-19 que forzó a una pausa en la creciente demanda de electricidad. Esta tendencia terminó en el mes de diciembre del mismo año cuando la demanda eléctrica de varios países comenzó a incrementar (India +5 %, Unión Europea +2 %, Japón +3 %, Corea del Sur +2 %, Turquía +3 %, EE. UU. +2 %) (BP Statistical Review, 2021; Jones 2021, 1).

El aumento registrado en los últimos cinco años tanto de la energía solar como de la eólica han permitido que aproximadamente una décima parte de la electricidad global se base en estas fuentes. Varios países del G20,<sup>6</sup> disminuyendo el empleo del carbón en

<sup>6</sup> G20: Grupo de naciones que representan el 85% de la economía mundial, constituido por 19 países y la Unión Europea. Los 19 países son Alemania, Arabia Saudita, Argentina, Australia, Brasil,

su generación eléctrica, han llegado a contar con una producción solar/eólica que en algunos casos supera el 10 % en sus matrices: Alemania 33 %, Reino Unido 29 %, India 9 %, China 9,5 %, Japón 10 %, Brasil 11 %, EE. UU 12 % y Turquía 12 % (Jones 2021, 1-9). China en contraste, ha sido el único país dentro de este grupo en incrementar el uso del carbón (+2 %) debido al aumento de su demanda eléctrica que fue un 33 % más alta en el 2020 comparada con el año 2015 (Jones 2021, 1-9).

### **1.1 Energía y cambio climático: las transiciones en el sector eléctrico**

Al año 2021, son 197 los países en el mundo -incluyendo Ecuador- que han suscrito el Acuerdo de París del año 2015 con el objetivo de mantener la temperatura global en el límite de 1,5-2°C por debajo de los niveles preindustriales hasta finales de este siglo. Para cumplir este objetivo Mcglade y Ekins (2015, 187-90) indican que se debería dejar sin explotar a nivel global más del 80 % de las reservas de carbón mineral, el 50 % de las reservas de gas natural y un 33 % de las reservas de petróleo. En su lucha contra el cambio climático, los países del mundo incluyendo los mayores emisores de GEI como son China y Estados Unidos (este último suscrito al Acuerdo de París en febrero 2021) han anunciado sus compromisos de reducción gradual del uso de combustibles fósiles y el impulso de fuentes renovables para cubrir sus necesidades energéticas (Cumbre Mundial sobre el Clima, abril 2021).

De acuerdo con la plataforma Energy & Climate Intelligence Unit, (2021), hasta la fecha, 147 países a escala global han mostrado su compromiso para alcanzar la neutralidad de carbono antes de fin de siglo (Anexo 2). De este grupo, apenas dos países (Bután y Surinam) han alcanzado su meta de descarbonización, mientras el 51,7 % (76 países), en donde se incluye Ecuador, centran sus compromisos para el año 2050. Finlandia, Austria, Islandia, Alemania y Suecia presentan compromisos de descarbonización entre el año 2035 y 2045; quedando únicamente once países con compromisos posteriores a 2050; entre estos, China (como el mayor emisor del mundo y responsable de aproximadamente el 25 % de las emisiones globales) que alcanzaría sus metas de descarbonización para el año 2060 e India lo haría para el año 2070.

Los compromisos de descarbonización asumidos de una manera más rígida; es decir, a través de una ley específica, se han generado apenas en el 8,8 % de los países contemplados (13 naciones en total) (Anexo 2). Por otro lado, el 36,1 % de los países

---

Canadá, China, Corea del Sur, Estados Unidos, Francia, India, Indonesia, Italia, Japón, México, Rusia, Reino Unido, Sudáfrica y Turquía

cuentan con una política oficial del gobierno para respaldar estas acciones (aunque esta podría cambiar dependiendo de las autoridades que lleguen al poder) y el 2 % ya han propuesto algún proyecto de ley para ejecutar estas metas. Sin embargo, la gran mayoría de naciones (51,7 %), entre las que se encuentra Ecuador, no han pasado del debate en estos aspectos sin tomar medidas formales para actuar sobre ellos (Energy & Climate Intelligence Unit, 2021).

A pesar de plantearse estas metas de descarbonización, en el sector eléctrico más de la mitad de la energía eléctrica en el mundo continúa proviniendo de recursos fósiles, sobre todo del carbón que es la principal fuente y la actual responsable de cerca del 30 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> totales (Jones 2021, 15). Tomando como referencia los datos de Climate Analytics sobre los escenarios de 1,5 °C proyectados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), Jones (2021, 15), indica que, para cumplir las metas planteadas en materia climática, los países de la OCDE<sup>7</sup> (entre los que se encuentra Estados Unidos) deberían dejar de emplear por completo el carbón para el año 2030 y que las centrales eléctricas que lo utilicen deberían estar cerradas a más tardar para el año 2040 -plazos reiterados por el Secretario General de Naciones Unidas en marzo de 2021-. En el año 2020, mientras los 27 países de la Unión Europea redujeron en un 48 % su uso de carbón (con relación al 2015) y Estados Unidos lo hizo en un 43 %, China, India, Indonesia y Turquía (que forma parte también de la OCDE) contrarrestaron estas reducciones con los incrementos en su uso lo que explica en términos generales la caída de apenas el 0,8 % con relación al 2015 (Jones 2021, 13). Con estos datos, queda en evidencia que las transiciones que se han generado a nivel mundial para dejar el uso del carbón (como mecanismo para combatir el calentamiento global) no han sido uniformes en los países, por lo que la atención se dirigirá al continente asiático en donde el 77 % de la electricidad proviene del carbón (Jones 2021, 14).

El carbón, de cualquier manera, no es el único recurso fósil por considerar al momento de analizar las emisiones del sector eléctrico. El gas natural aún sigue representando un 22,8 % de la producción total de electricidad en el mundo y su uso como se detalla en la Tabla 3.1 ha aumentado en los últimos cinco años. Desde el año 2015 la demanda de electricidad ha crecido un 11 % a nivel global y dado que el aumento en la

---

<sup>7</sup> Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos es un organismo de cooperación internacional formado por 38 estados miembros cuyo objetivo es promover políticas que favorezcan la prosperidad, la igualdad, las oportunidades y el bienestar para todas las personas (OECD, 2021).

generación renovable no ha logrado mantenerse, el gas natural ha incrementado su participación en un 11 % lo que, sumado a la baja caída en el consumo del carbón (< 1 %), explica que las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector eléctrico del año 2020 fueron 2 % más altas que en el 2015 (Jones 2021, 12). Analizar la participación del gas natural en el mercado eléctrico resulta relevante pues, en países como Estados Unidos, Alemania o Corea del Sur, la reducción en el empleo de carbón no únicamente se basó en el desarrollo de proyectos renovables sino también en un incremento del uso del gas natural desde el 2015, como una respuesta esperada frente a la baja de precios en el mercado de este recurso en comparación con el carbón. (Figura 6) (Ember's Global Electricity Review, 2021).

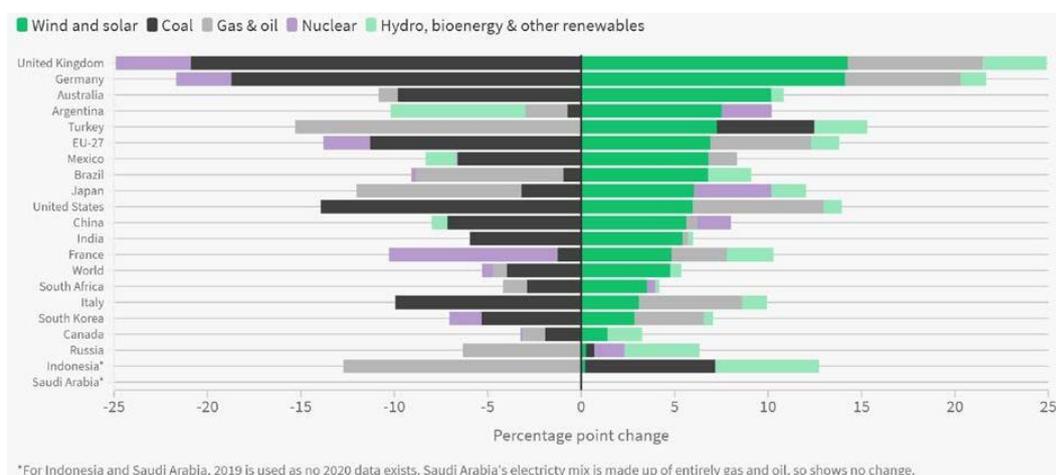


Figura 6 Cambio en la participación de mercado de electricidad países del G20 Período 2015-2020

Fuente: Ember's Global Electricity Review (2021)

## 2. La generación eléctrica en la región

En el año 2019, la región de América Latina y el Caribe (ALC) tuvo una participación cercana al 6 % de la generación total a nivel mundial con 1.596 TWh (Castillo et. al 2019, 51). A diferencia de la matriz global, la matriz eléctrica de ALC para este año se compuso principalmente de fuentes renovables con un predominio de la energía hidráulica (45,2 %), un 8,2 % de fuentes renovables no convencionales: eólica (6 %), solar (1,5 %) y geotermia (0,7 %) y renovables térmicas (biomasa) con un 5,1 % de la generación total. Por otro lado, las fuentes no renovables (térmicas) aún tienen una importante participación con el 39,3 % y finalmente las fuentes de origen nuclear un 2,2 % de la matriz como se muestra en la Figura 7 (Castillo et. al 2019, 51). Los países de la región continúan concentrando sus esfuerzos en el desarrollo de programas de energía

renovable, priorizando el empleo de tecnologías que se desarrollan y producen localmente y que aprovechan recursos autóctonos, así como las capacidades técnicas locales (Noboa 2013, 5). Con un alto potencial de generación hídrica, América Latina se ha distinguido por ser la región con mayor porcentaje de hidroelectricidad con respecto al total de generación en el mundo, a pesar de que presenta una fuerte estacionalidad y variación interanual debido al Fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (ENOS) que pone en riesgo la operación de este tipo de centrales (Guerra 2020, 8; Jara 2018, 2).

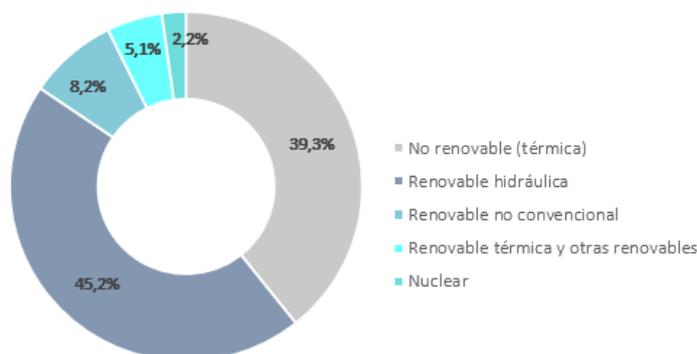


Figura 7 Generación eléctrica en la región por tipo de energía (año 2019)

Fuente: Castillo et. Al (2019). Elaboración propia.

Si bien continúa siendo la fuente principal de generación eléctrica en la región, la participación de la energía hidráulica desde la última década del siglo XX ha ido disminuyendo principalmente por la sensibilidad social hacia los impactos ambientales y socioeconómicos vinculados a esta tecnología, así como la transición que los países de la región han emprendido para contar con matrices más diversificadas y resilientes a los efectos del clima (Guerra 2020, 8). Países como Ecuador, Venezuela Colombia, Uruguay o Brasil, han sido fuertemente afectados por la variabilidad climática, que ha generado episodios de sequía en las últimas décadas, hecho que ha promovido en algunos de ellos un cambio de paradigma en el sector eléctrico (Ponce-Jara et al. 2021b, 139). La promoción de ERNC en la región, como parte de una tendencia global, se ha dado por razones que incluyen precisamente la variabilidad climática que afectan su producción, así como por la creciente demanda energética en estos países y la incertidumbre frente a la volatilidad de los precios de los combustibles fósiles en el mercado (que repercute de manera directa en los presupuestos estatales) (Jacobs et al. 2013, 601-2).

De acuerdo con la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA, por sus siglas en inglés) (2020, 380), entre los años 2009 y 2018 la diversificación de la matriz energética de los países sudamericanos ha contado con inversiones que han superado los setenta mil millones de dólares (excluyendo grandes proyectos hidroeléctricos) como se

detalla en la Tabla 7. Gracias a estas inversiones, algunos países de la región han podido avanzar en la diversificación de sus matrices empleando recursos autóctonos y renovables para garantizar la seguridad de su suministro, aunque, como se verá más adelante, su participación sigue siendo mínima al compararlas con otras fuentes.

Tabla 7  
**Inversiones en energías renovables en países sudamericanos (2009 –2018)**

Año	Inversión (millones USD)
2009	\$ 11.342,68
2010	\$ 6.652,68
2011	\$ 6.643,76
2012	\$ 15.105,06
2013	\$ 5.465,30
2014	\$ 9.095,91
2015	\$ 4.285,07
2016	\$ 5.551,10
2017	\$ 5.712,21
2018	\$ 1.945,55
<b>Total</b>	<b>\$ 71.799,32</b>

Fuente: IRENA-Renewable energy statistics (2020)  
Elaboración propia

Las matrices eléctricas de Chile, Brasil y Uruguay son al año 2020 las que mayor diversificación presentan, en contraste con las de Venezuela, Colombia, Ecuador o Paraguay (Figura 8). Por otro lado, exceptuando Bolivia y Argentina, en la mayoría de los países de la región predominan las fuentes renovables, sobre todo la hidro.

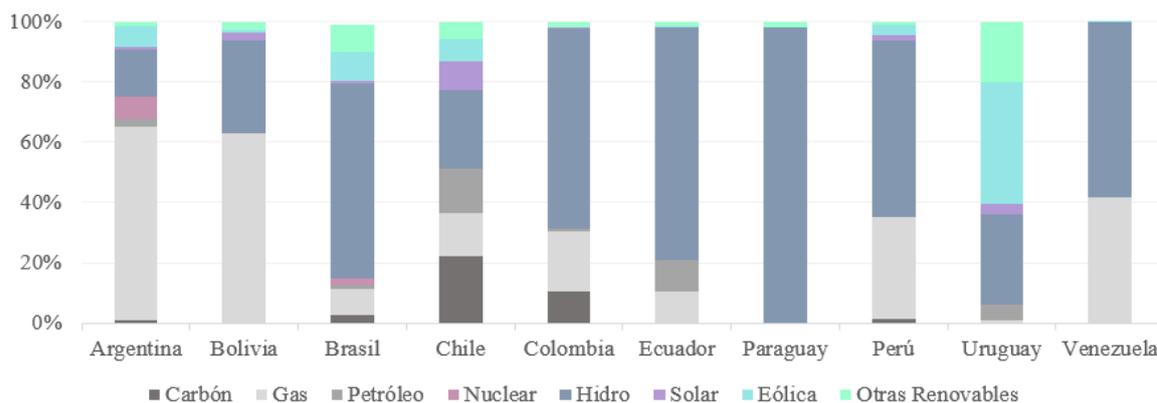


Figura 8 Fuentes de generación eléctrica para países de América del Sur 2020

Fuente: BP Statistical Review (2021) citado en Our World in Data. Elaboración propia

En cuanto a las ERNC (en las que destaca la eólica), de acuerdo con Guerra (2020, 9), su impulso se ha debido gracias a la adopción de políticas públicas que han diseñado países de la región como Chile o Uruguay para reforzar la seguridad del suministro (sobre

todo por los riesgos provenientes de las sequías que afectan la hidroelectricidad) y también por la necesidad de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en los sistemas eléctricos que han sido altamente dependientes de los combustibles fósiles. En este sentido, y de continuar con las actuales políticas energéticas desarrolladas en la región, la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) estima que para el año 2040 las ERNC representen el 22 % de la capacidad instalada y dentro de ellas, la eólica alcance el 12 % del total; mientras que, IRENA prevé que para el año 2030 el 83 % de la generación eléctrica de la región sea renovable y de esta el 35 % corresponda a fuentes de ERNC (Guerra 2020, 11).

### **3. La generación eléctrica en el contexto ecuatoriano**

Ecuador, al igual que el resto de los países latinoamericanos, cuenta con un alto potencial en la generación de energía renovable para satisfacer y garantizar su seguridad energética (Viviescas et al. 2019, 14); y, su matriz eléctrica es concordante con la presentada para la región, exceptuando la generación nuclear. De acuerdo con el CENACE, (2020, 71), el país generó en el año 2020 un total de 26,98 TWh (26.979,96 GWh) a partir de fuentes renovables y no renovables. La generación renovable representó el 91,1 %; la no renovable un 8 % y las importaciones desde Colombia y Perú o Transacciones Internacionales de Electricidad (TIE) fueron de apenas el 0,9 % (Figura 9). El 8 % de la generación no renovable se compuso de: un 3,8 % de fuel oil (uno de los combustibles menos costosos en el parque generador termoeléctrico), gas natural (2,5 %), residuo (1,4 %) y diésel (0,3 %).

En cuanto a la generación renovable, en Ecuador se hace una distinción entre fuentes convencionales y no convencionales (particularmente por la generación hidráulica)<sup>8</sup>. La generación renovable convencional representó el 81,1 % del total en 2020 y la renovable no convencional el 10 % compuesta aproximadamente de generación hídrica (8,5 %), biomasa (0,9 %), eólica (0,3 %), biogás (0,2 %) y el último lugar lo ocupa la energía fotovoltaica (0,1 %).

---

<sup>8</sup> Según el INER (2016, 27), únicamente los proyectos hidroeléctricos que cuenten con una potencia inferior a 50 MW se catalogan en el Ecuador como energías renovables de tipo no convencional.

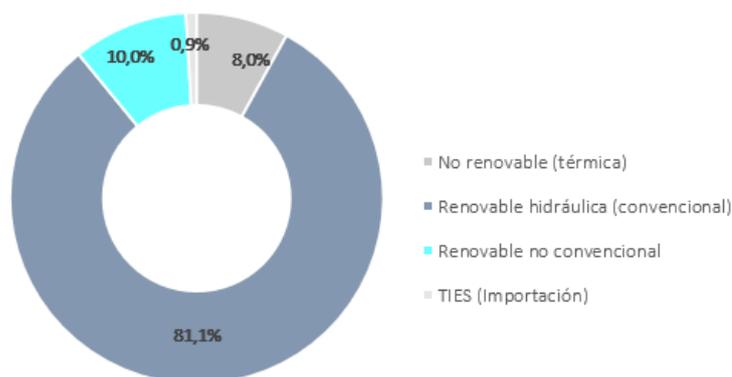


Figura 9 Generación eléctrica en el Ecuador por tipo de energía (año 2020)

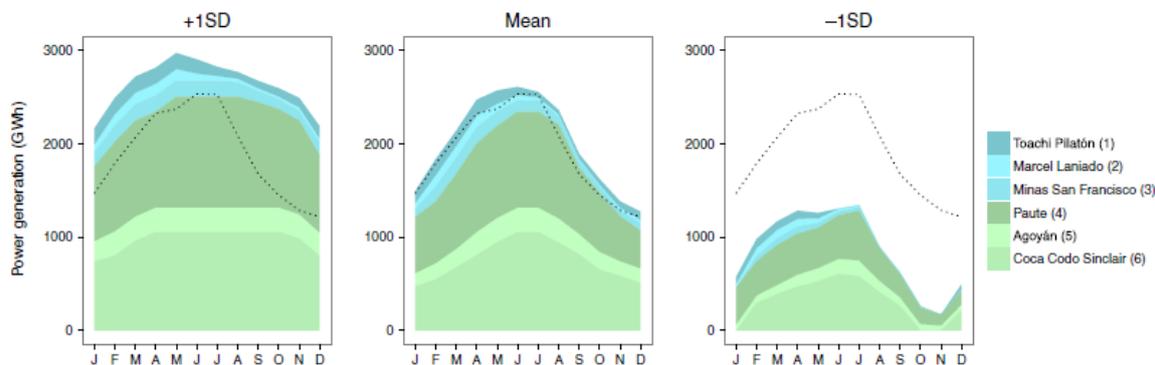
Fuente: EC CENACE (2020). Elaboración propia.

Con el impulso que ha tenido la hidroenergía desde el año 2008, la cobertura eléctrica en el país pasó en el año 2009 del 94,2 % a 97,1 % en el año 2019 lo que implica un crecimiento en este periodo del 3,1 % (EC MERNNR 2020, 23). En la actualidad, la capacidad total de generación está asociada a diez grandes centrales hidroeléctricas (incluyendo 6 del grupo de proyectos emblemáticos abordados en el Capítulo segundo): Coca Codos Sinclair, Paute Molino, Sopladora, Minas San Francisco, San Francisco, Delsitanisagua, Mazar, Agoyán y Pucará en la cuenca oriental y Marcel Laniado de Wind y Manduriaco en la cuenca occidental (EC CENACE 2020, 70).

Con esta fuerte dependencia hacia la hidroelectricidad, en Ecuador como en otros países de la región, la generación eléctrica durante los períodos de sequía se ve comprometida. De acuerdo con Jara (2020, 2-3) durante la estación seca (octubre-marzo), la capacidad hidroeléctrica del país podría disminuir hasta un tercio de la capacidad instalada, y para cubrir la demanda, podrían emplearse fuentes térmicas que, además de incrementar los costos de generación eléctrica, aumentarían las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. En el año 2020, por ejemplo, las desfavorables condiciones hidrológicas de los meses de abril y noviembre hicieron que la producción hidroeléctrica en el país disminuya, situación que es particularmente crítica debido a que la mayoría de las centrales hidroeléctricas no cuentan con reservorios; es decir, no existe la capacidad de almacenar agua y garantizar el suministro (EC CENACE 2020, 72; Jara 2020, 2).

Según el estudio realizado por Carvajal et al. (2017, 611), la producción eléctrica en Ecuador podría verse aún más afectada a futuro por los efectos del cambio climático. En su investigación, considera los seis ríos donde operan las diez centrales que representan más del 85 % de la capacidad hidroeléctrica de Ecuador; y, tomando como referencia datos del período 1971-2000, determina un escenario 2071-2100 en el que la

producción eléctrica podría variar de -55 % a +39 % (Figura 10) (Carvajal et al. 2017, 619).



La línea punteada representa la generación histórica para las cuencas del Amazonas (en color verde) y del Pacífico (en color azul)

Figura 10 Generación promedio anual de las principales hidroeléctricas en Ecuador considerando el promedio y desviaciones estándar de proyecciones climáticas 2071-2100

Fuente: Carvajal et al. (2017)

### 3.1 La evolución de la generación eléctrica en el país

A mediados del siglo pasado, como fuera abordado en el segundo capítulo, la energía térmica fue la fuente predominante en el sector eléctrico a pesar de los altos impactos ambientales, sociales, y el perjuicio en la economía del país que generó (principalmente por los subsidios a los combustibles con los que operan las centrales termoeléctricas). En este nuevo siglo, no obstante, se han dado notorios cambios en las fuentes empleadas en la generación eléctrica en Ecuador, en donde la energía hidroeléctrica ha ganado participación en la generación total, mientras que la generación térmica ha ido disminuyendo (causando efectos positivos en la balanza comercial al requerir menos importaciones de combustibles fósiles y la reducción de impactos ambientales) (EC CENACE 2020, 75; Jara 2020,1).

La capacidad instalada en el sector eléctrico ha crecido de manera sostenida con fuentes renovables y fósiles. En el año 2005, el 43 % de la energía provenía de fuentes térmicas, un 46 % de fuentes hidráulicas y un 10 % de importaciones a los países vecinos. Para el año 2016 con la entrada en operación de las Centrales Sopladora y Coca Codos Sinclair, la participación térmica disminuyó (a pesar de que en años como el 2010 llegó a ser tan importante como la hidroenergía por los episodios de sequía generándose los llamados “apagones”) (EC CENACE 2020, 75). Por su parte, las ERNC (biomasa, biogás, fotovoltaica, eólica e hidro) crecen en su participación desde el año 2012; y, en cuanto a las importaciones desde Colombia y Perú se evidencia una reducción a partir del año 2016 en la generación eléctrica del país (Figura 11).

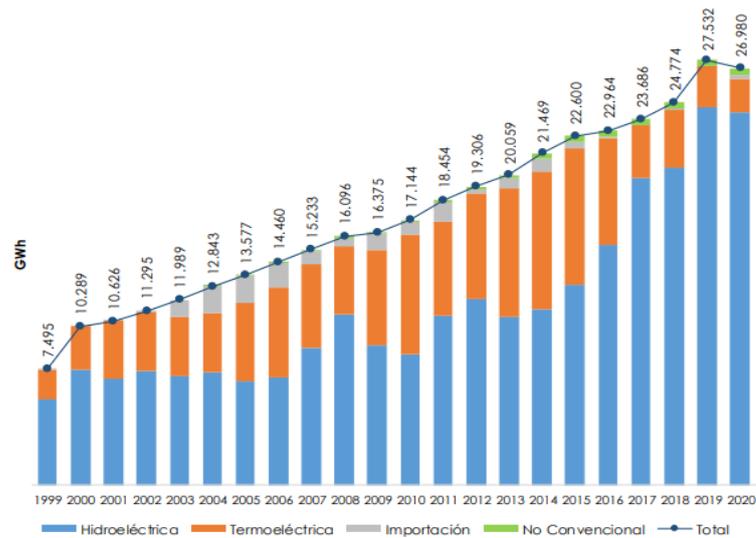


Figura 11 Generación eléctrica por tipo de fuente (GWh) Período 1999 -2020  
Fuente: EC CENACE (2020)

### **Demanda, consumo y propiedad actual en la producción de energía eléctrica**

La demanda en Ecuador ha mantenido una tendencia creciente a lo largo de los años (Figura 12), no obstante, si se la compara con la producción en el país (Figura 11), se puede apreciar que hasta el año 2016 con los recursos disponibles la primera había sido mayor. Por otra parte, pese a la tendencia creciente, en borses de generación del SNI la demanda del año 2020 disminuyó aproximadamente un 2,3 % respecto al 2019 (principalmente entre los meses de marzo a agosto producto de la pandemia por el COVID-19 y las medidas de cuarentena y aislamiento decretado el gobierno central) (Figura 12) (EC CENACE, 2020, 75). A futuro, no obstante, de acuerdo con el Plan Maestro de Electricidad 2018-2027, desde el año 2022 la demanda podría ser mayor que la oferta en el país con los proyectos contemplados en los Planes de Expansión de Generación (PEG) que se abordarán más adelante (EC MERNNR 2018, 140).

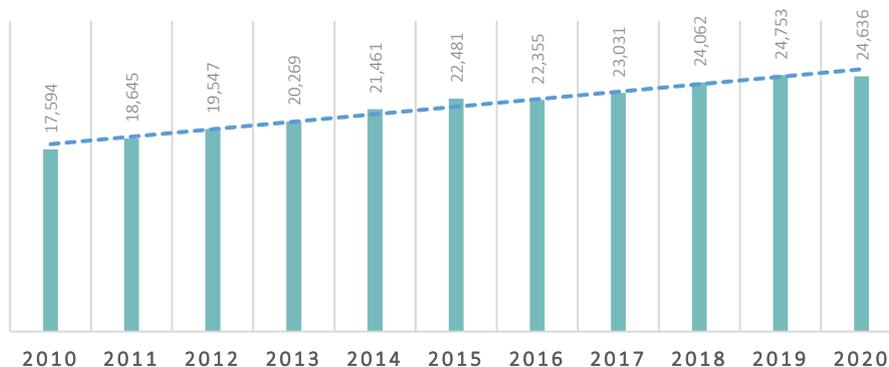


Figura 12 Demanda anual de energía (GWh) en borses de generación del SNI (2010-2020)  
Fuente: EC CENACE (2020); EC MERNNR (2018). Elaboración propia

Por otra parte, el consumo energético total registrado en el año 2020 alcanzó un total de 25.975,12 GWh (94,8 % correspondiente a la demanda de energía de las empresas distribuidoras y el 5,2 % a las exportaciones por enlaces internacionales) concentrándose más de un tercio de este consumo (34,7 %) en las ciudades de Guayaquil y Quito (EC CENACE 2020, 39). Finalmente, en cuanto al tipo de propiedad en la producción de la electricidad, el 90 % de la energía eléctrica a nivel del SNI se generó en centrales de empresas públicas y el 10 % restante a través de producción privada para el año 2020. A nivel público, la generación más representativa la abarcó la CELEC EP con el 85,8 % de toda la producción del SNI (77,6 % hidroeléctrica, 7,9 % termoeléctrica y el 0,3 % eólica) (EC CENACE 2020, 73-4).

### 3.2 Emisiones de GEI en el sector eléctrico ecuatoriano

A pesar de que, en su producción primaria de energía Ecuador es un país dependiente en un 90 % de los combustibles fósiles (como se analizó en el capítulo anterior) al ser el sector eléctrico renovable en su gran mayoría, las emisiones generadas y emitidas a la atmósfera a partir de este no son las más representativas. En la actualidad, el país es responsable del 0,13 % de las emisiones totales de GEI en el mundo y durante el período 2010-2020 estas se han reducido un 3,1 % pasando de 35.152 a 34.076 kton CO<sub>2</sub> eq. (MERNNR 2020, 44-5; ClimateWatch, 2020).

Para el año 2020, como se observa en la Figura 13, el sector con mayores emisiones fue el de transporte con el 46,7 % (por su alta dependencia a los combustibles fósiles), seguido del sector industrial responsable del 11,2 % de las emisiones, mientras que, aquellas generadas desde el sector eléctrico alcanzaron un 5,2 % (asociado a la operación de centrales térmicas para la generación actual).

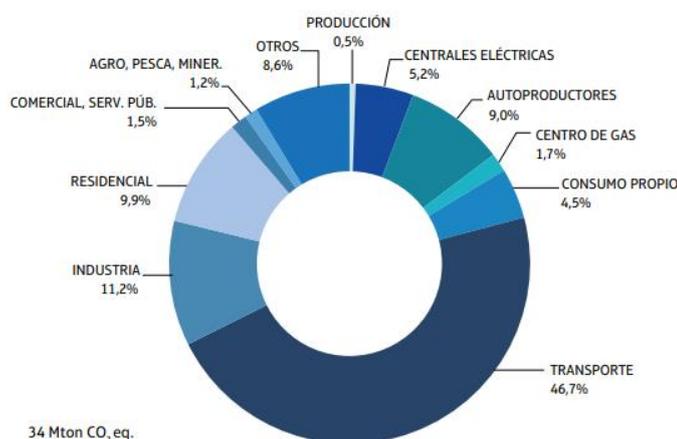


Figura 13 Evolución de las emisiones de GEI por fuente (2010-2020)

Fuente: Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (2020)

### **3.3 Prospectiva de futuro en la generación eléctrica del Ecuador**

Si bien la energía hidroeléctrica todavía se considera una prioridad política en el país para la expansión del sistema eléctrico, el desarrollar el potencial hidroeléctrico restante (6.785 MW) que se concentra en la región amazónica principalmente, podría generar impactos socio-ecológicos severos por las posibles inundaciones de zonas habitadas y ecosistemas sensibles de selva tropical (de Faria y Jaramillo, 2017; Soito y Freitas, 2011 citados en Jara 2020, 3).

Según el Plan Maestro de Electricidad (2018), en Ecuador se tiene previsto implementar hasta el año 2027 un portafolio de 39 proyectos, de los cuales 21 corresponden a ERNC. A la fecha de la publicación del plan, se contaba con 14 proyectos en construcción: 11 correspondientes a generación hidroeléctrica (407,5 MW), 2 de energía térmica (187 MW) y 1 de tipo eólico (50 MW) (EC MERNNR 2018, 59). En dicho plan, se indica que los proyectos de generación serán definidos por el MERNNR (considerando aspectos relacionados con el tipo de tecnología, capacidades mínimas, ubicación, entre otros) para su posterior identificación y desarrollo gracias a la inversión privada, como resultado de Procesos Públicos de Selección (PPS) (EC MERNNR 2018, 149).

Para definir el Plan de Expansión de Generación (PEG) del SNI 2018-2027, se han empleado modelos computacionales para establecer dos escenarios: el Caso Base y el Caso Matriz Productiva incluyendo en el análisis las reservas de potencia y energía, las inversiones estimadas, la estimación de combustibles y emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en cada uno de ellos (EC MERNNR 2018, 148).

#### **a. Plan de Expansión de Generación 2018 -2027: Caso Base**

Este plan considera un crecimiento medio al año 2027 de 7.028 MW y toma en cuenta el crecimiento tendencial de la demanda “más la adición de cargas singulares (demandas industriales vinculadas con la actividad minera, camaroneras, cemento, siderúrgica, transporte, bombeo, sistema petrolero público y privado); proyectos de eficiencia energética, abastecimiento a la ciudad del Conocimiento, obras portuarias e industria molinera” (EC MERNNR 2018, 20-149). En este primer escenario se incluyen alrededor de 30 proyectos de inversión tanto pública como privada con una potencia total de 5.295 MW (EC MERNNR 2018, 150-1). La generación hídrica (convencional y no

convencional) representa aproximadamente un 78 %, las ERNC (fotovoltaica y eólica) un 11 % y la producción térmica (no renovable) un 10 % (Anexo 3A).

En una actualización del Plan Maestro de Electricidad, presentada a finales de 2021, se realiza una proyección a 2031 en el PEG Caso Base, con proyectos que suman 6.074MW y que incluyen en su mayoría proyectos de generación hidráulica convencional (Anexo 3B), seguidos de proyectos de ERNC que incluye también la hidro no convencional y finalmente proyectos de generación térmica programados para los años 2023, 2024 y 2026 que representan el 9,7 % del total (EC MERNN, 2021).

#### **b. Plan de Expansión de Generación 2018 – 2027: Caso Matriz Productiva**

Este plan considera un crecimiento medio a 2027 de 8.392 MW e incluye la demanda del Caso Base y las cargas adicionales de las industrias básicas impulsadas por el gobierno (aluminio, petroquímica, industria del cobre, puerto comercial y astilleros) que además de generar un crecimiento económico en el país lo harían también en términos de demanda de energía eléctrica (EC MERNNR 2018, 22-149). Así, para el PEG Caso Matriz Productiva se contemplan proyectos adicionales a los del Caso Base que suman 6.644 MW de potencia (EC MERNNR 2018, 153-4). Dentro de este plan, la generación hídrica (convencional y no convencional) representa aproximadamente un 67 %, la generación térmica incrementa al 18 % del total y dentro de las ERNC además de la fotovoltaica y la eólica se suma un proyecto de energía geotérmica en el 2026 con lo que este tipo de fuente alcanzaría el 15 % (ver Anexo 4).

En el mes de septiembre del año 2020, se anunció desde el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables el incremento de proyectos de ERNC (pasando de 21 a 24) alcanzado una potencia de 200 MW y más tarde, en julio 2021, se lo actualizó pasando a 500 MW. Para noviembre 2021, en una actualización del PME, se presentan los años en los que se colocarían los bloques de ERNC que suman los 500 MW (Anexo 3B). Entre estos proyectos destacan el Proyecto Fotovoltaico El Aromo (Manabí), los eólicos Villonaco II y III (contemplados en el PEG (Caso Base y Caso Matriz Productiva)) así como la Microred de Energías Renovables Conolophus en la provincia de Galápagos programados con inversión totalmente privada (EC MERNNR, 2021). Con el desarrollo de estos proyectos, el gobierno ha manifestado su objetivo diversificar la matriz eléctrica y cumplir con el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 al “garantizar el suministro energético con calidad, oportunidad, continuidad y seguridad, con una energética diversificada, eficiente, sostenible y soberana como eje de la transformación

productiva y social”; así como la meta de “incrementar de 68,8 % al 90 % la generación eléctrica a través de fuentes de energías renovables a 2021” (EC MERNNR 2018, 319).

En función de lo que indica el ministerio del ramo, el país está avanzando en la reducción paulatina en el empleo de combustibles fósiles y ha establecido indicadores de sustentabilidad para medir entre otros aspectos su soberanía energética, el uso de fuentes renovables en la generación, y la reducción en la emisión de GEI derivadas del sector eléctrico (dentro de las cuales se indica de manera particular que las emisiones asociadas con la termoelectricidad no deben evaluarse como un aspecto negativo por la baja participación de las fuentes no renovables en la matriz) (EC MERNNR 2018, 318-26). A pesar de que la contribución de Ecuador sobre las emisiones globales de GEI no llega ni al 0,5 %, el Estado ha manifestado que con las medidas adoptadas en materia eléctrica el país busca dar cumplimiento a los compromisos asumidos de manera voluntaria para mitigar los efectos del cambio climático y avanzar hacia una transición en el sector eléctrico que promueva el empleo de ERNC (ClimateWatch, 2020; EC MERNNR 2018, 326).

Los mayores países emisores de GEI tendrán así en los siguientes años, el reto de descarbonizar sus sistemas energéticos que como se ha visto en el presente capítulo, continúan dependiendo de los combustibles fósiles. En el caso de los países de ALC, la fuerte dependencia hacia la generación hidráulica pone de manifiesto las vulnerabilidades de estos sistemas frente a los actuales y futuros efectos del cambio climático, además de la problemática social y ambiental que se genera con el despliegue de grandes centrales como se ha hecho en Ecuador.

En este contexto, la participación de fuentes de ERNC como la solar o eólica, podría constituirse como una alternativa para garantizar el suministro eléctrico de la región, para lo cual, tomando el ejemplo de Uruguay, Chile o Brasil se requerirá de políticas energéticas que impulsen su desarrollo. En el siguiente capítulo se analizará con mayor profundidad el despliegue de la energía fotovoltaica, las tendencias en su mercado y cómo se contempla su desarrollo en los planes de electrificación ecuatorianos.

## Capítulo cuarto

### La energía fotovoltaica a nivel global, regional y local

Como se revisó en la sección anterior, la energía fotovoltaica y eólica han sido las fuentes de mayor desarrollo en los últimos cinco años, llegando a producir aproximadamente una décima parte de la electricidad a nivel global. En el caso particular de la energía fotovoltaica, la reducción de los costos registrada en la última década (como se ampliará más adelante) ha sido un factor determinante para que países de grandes economías como China, Estados Unidos y la Unión Europea la hayan desplegado con fuerza en los últimos años, previéndose que lo sigan haciendo a futuro. En la región, por otro lado, las inversiones y el desarrollo que ha tenido la tecnología fotovoltaica han sido heterogéneos y sus niveles de participación en las matrices nacionales han sido más bien bajos.

En Ecuador, pese al alto potencial con el que cuenta el recurso fotovoltaico (por su ubicación geográfica), la participación de energía fotovoltaica ha sido hasta la fecha insipiente en una matriz eléctrica dominada por la hidroenergía. No obstante, los planes propuestos desde el gobierno central han mostrado desde hace algunos años la intención de empezar a promoverla, sin registrarse mayor cambio a la fecha. En este contexto, y considerando las tendencias internacionales ¿podría la energía fotovoltaica ser una fuente complementaria a la generación hidroeléctrica para suplir las crecientes necesidades del sector eléctrico en los siguientes años? ¿Qué acciones a nivel regulatorio y a técnico está el país tomando para aumentar su participación en la matriz nacional?

En el presente capítulo analizará la generación fotovoltaica a nivel global, regional y local, ampliando la información de los dos proyectos principales de generación masiva que se avizoran en los planes estatales de electrificación.

#### 1. La energía fotovoltaica en el mundo

En el año 2020 la generación solar a nivel mundial fue de 844,4 TWh, representando un 3,3 % de la generación total (Our World in Data, 2021). De acuerdo con IRENA (2020, 68) para finales de 2020 la instalación de sistemas fotovoltaicos a nivel global llegó a ser de 707,5 GW, creciendo más de 16 veces desde el año 2010 (Figura 14). Debido a que 127 GW fueron instalados únicamente durante el 2020, la energía

fotovoltaica se convirtió en la tecnología más desplegada entre las renovables durante este año (IRENA 2020, 68; BP Statistical Review, 2021).

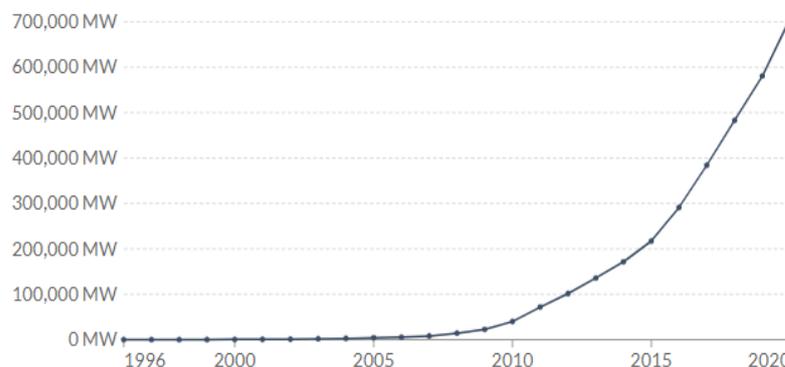


Figura 14 Capacidad acumulada de energía solar fotovoltaica (MW) a nivel global  
Fuente: BP Statistical Review (2021) citado en Our World in Data

De todos los continentes, Asia continúa liderando este tipo de sistemas desde el año 2013 y contribuyó con el 60 % de la generación durante del año 2020. China, a pesar de no contar con un alto potencial solar, fue el país responsable de aproximadamente dos tercios del total de instalaciones asiáticas del año 2020; y, Japón, India y la República de Corea contribuyeron en conjunto para generar 13,7 GW de la capacidad fotovoltaica de ese año (IRENA 2020, 68).

En la Tabla 8 se detalla la capacidad fotovoltaica instalada para los quince países que cuentan con mayor producción solar hasta el año 2020. En el listado, China encabeza la lista con el 36 % de la generación mundial, seguido de Estados Unidos con el 10,4 % y Brasil aparece como el único país sudamericano con una capacidad instalada de 7,88 GW que representa el 8,8 % del total global y el 62,2 % de la capacidad total instalada en los países de América del Sur (IRENA 2021, 40-51).

Tabla 8  
**Capacidad Fotovoltaica Instalada a 2020 (GW) para grandes productores**

País	Capacidad Fotovoltaica Instalada a 2020 (GW)
China	253,83
Estados Unidos	73,81
Japón	68,67
Alemania	53,78
India	38,98
Italia	21,59
Australia	17,63
Vietnam	16,50
Corea del Sur	14,58
Reino Unido	13,56
España	11,79

Francia	11,72
Países Bajos	10,21
Brasil	7,88
Ucrania	7,33
América del Sur (excepto Brasil)	4,79

Fuente: IRENA (2021). Elaboración propia

De acuerdo con IRENA (2019, 20) la industria fotovoltaica ha tenido una rápida evolución a nivel tecnológico que le ha permitido reducir sus costos desde los inicios de su desarrollo en el año 1941. No obstante, fue desde el año 2013 que se dio una tendencia a la baja en los costos de los sistemas fotovoltaicos lo que le ha permitido mejorar su competitividad en el mercado, lo que apoyó su desarrollo en 2020 (año en el que los costos promedios globales de instalación (883 USD/kW) fueron 13 % menores que en 2019 y 81 % más bajos que en 2010) (IRENA 2020, 68-71) (ver Figura 15).

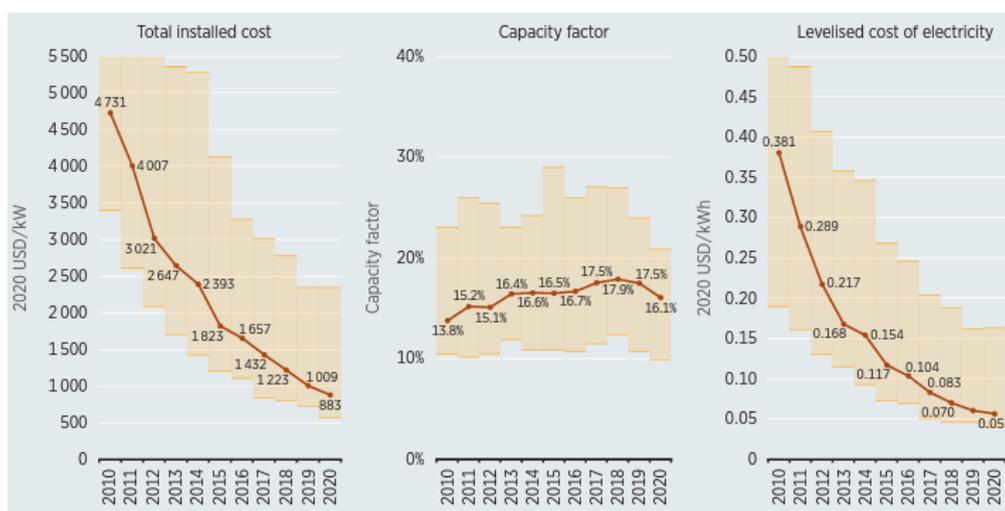


Figura 15 Costes totales instalados, factores de capacidad y coste nivelado de la electricidad (LCOE) para la energía fotovoltaica, 2010-2020

Fuente: IRENA, 2020

### 1.1 Perspectivas sobre la generación fotovoltaica a escala global

En función de los niveles actuales de generación fotovoltaica, se indica en la Hoja de Ruta para la Energía Renovable (REmap) desarrollada por IRENA (2019, 24), que las instalaciones de generación fotovoltaica podrían alcanzar una capacidad de 2.840 GW para 2030 y 8.519 GW para el año 2050. De la capacidad prevista para el año 2050, el 60 % estaría destinada la provisión de energía eléctrica a gran escala (servicios públicos) y el 40 % restante de generación distribuida (tipo azotea) (IRENA 2019, 21). Bajo el escenario REmap, Asia continuará siendo líder en este tipo de instalaciones con el 65 %

de la capacidad total prevista para el año 2030 con China continuando a la cabeza como el país con mayor generación (1.412 GW), América del Norte alcanzaría a ocupar el segundo lugar en donde se proyecta que Estados Unidos genere 437 GW para ese año (más del 90 % del total previsto) y Europa (a pesar de no contar con recursos solares importantes al igual que China) quedaría en tercer lugar con 291 GW de capacidad instalada (Figura 16) (IRENA 2019, 24).

Para el año 2050, como se observa en la misma Figura 16, se estima que esta tendencia continúe con Asia liderando la generación fotovoltaica, seguida por América del Norte y Europa. Sin embargo, a pesar de que la capacidad instalada puede seguir siendo mayor en estas tres regiones, de acuerdo con la IRENA (2019, 24), parecería probable que el crecimiento del mercado se traslade a otras regiones, como América del Sur o África (ambas con importantes potenciales solares) en donde se generarían 97 y 131 GW respectivamente. Basado estas proyecciones, para el año 2050 se estima que la tecnología fotovoltaica pueda cubrir el 25 % de las necesidades totales de electricidad a nivel mundial (IRENA 2019, 7). Por otro lado, la implementación acelerada de los proyectos fotovoltaicos en el mundo podría conducir a reducciones significativas de emisiones de CO<sub>2</sub> -aproximadamente de 4,9 gigatoneladas para 2050- lo que representa el 21 % del potencial total de mitigación de emisiones en el sector energéticas (IRENA 2019, 7).

En cuanto a las inversiones realizadas en el despliegue de capacidades de energía solar fotovoltaica para el año 2018 ascendieron aproximadamente a 114 mil millones de dólares, por lo que para generar más de 8000 GW para el 2050 se estima se necesitará una inversión acumulada de cerca 6,4 millones de millones de dólares (192 mil millones por año desde el 2019 hasta 2050). Las inversiones por regiones se detallan en la Tabla 9 en donde los valores más bajos se registran en ALC y Medio Oriente y África a pesar de los pronósticos de ser los mercados con potencial mayor expansión (IRENA 2019, 31).

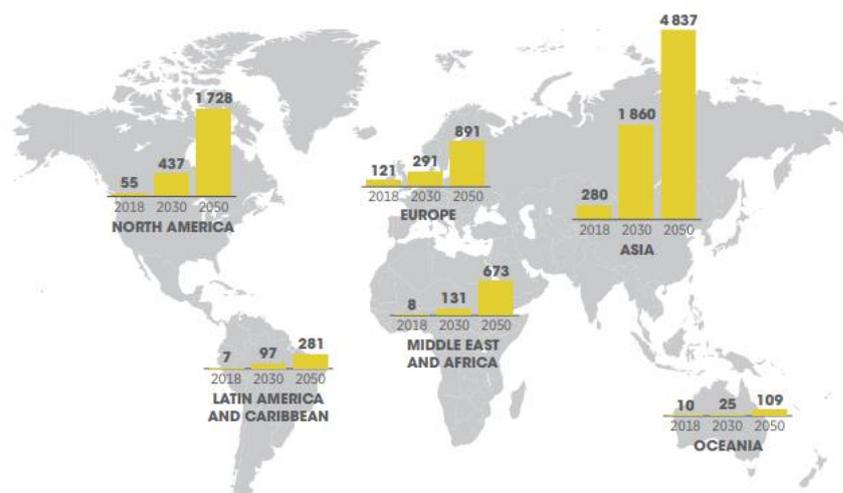


Figura 16 Capacidades instaladas de energía fotovoltaica por regiones (GW) año 2018 y proyecciones 2030, 2050.

Fuente: IRENA (2019)

Tabla 9  
Inversión regional anual en capacidad solar fotovoltaica (nueva y de reemplazo) 2019-2050

Región	Inversión energía solar FV (miles de millones de USD/año)
Asia	\$ 113,0
América del Norte	\$ 37,0
Europa	\$ 19,0
Oceanía	\$ 14,0
América Latina y el Caribe	\$ 7,0
Medio Oriente y África	\$ 2,0
<b>Total</b>	<b>\$ 192,0</b>

Fuente: IRENA (2019)

Elaboración propia

## 2. La generación fotovoltaica en la región

Las grandes oportunidades en el mercado de la energía fotovoltaica en la región de América del Sur se basan en el alto potencial solar con el que cuentan los países, la creciente demanda de electricidad, y nuevas leyes que fomentan el empleo de las fuentes renovables; sin embargo, de manera general, su participación en relación con otras naciones en el mundo es aún baja y heterogénea (Vargas et al. 2020, 1307).

Tomando como referencia en su estudio a países de la región que se encuentran en similares condiciones socioeconómicas, Vargas et al. (2020, 1308) analizaron el comportamiento de Chile, Brasil, Uruguay, Argentina, Perú, Bolivia, Colombia y Ecuador en lo que a la participación de la energía fotovoltaica se refiere. Así, entre los mayores impulsores de este tipo de tecnología se encuentran Chile y Brasil cuyo

porcentaje de generación solar dentro de sus matrices es del 8,2 % y 0,5 % respectivamente (Tabla 10). Chile, aprovechando los altos niveles de irradiación solar (principalmente en la región del desierto de Atacama) y contando condiciones favorables de inversión en su mercado, hoy se distingue como el país que cuenta con el mayor número de plantas fotovoltaicas en Sudamérica. En similares condiciones se encuentra Brasil que, consiguiendo integrar la energía solar fotovoltaica en las subastas de energía, aumentó el número de plantas conectadas a la red. Asimismo, la generación alcanzada hasta el año 2019 le ha permitido a Uruguay, Argentina y Perú contar con una participación solar que supera el 0,5 % dentro de sus matrices (Vargas et al. 2020, 1307-19). En contraste, Colombia y Ecuador se distinguen por ser los países que menor participación y generación fotovoltaica presentaban en sus matrices hasta el año 2019 como se observa en la misma tabla.

Tabla 10  
**Generación FV en países de América del Sur hasta año 2019 y participación de la energía FV en la matriz nacional**

<b>País</b>	<b>Generación FV hasta 2019 (MW)</b>	<b>Generación FV en matriz nacional (%)</b>
Brasil	2757	0,5 %
Chile	2720	8,2 %
Argentina	456	0,6 %
Perú	285	1,4 %
Uruguay	229	3,0 %
Bolivia	120	1,9 %
Colombia	28	0,2 %
Ecuador	27	0,1 %

Fuente: Vargas et al. (2020)  
 Elaboración propia

### **3. La energía fotovoltaica en Ecuador**

En Ecuador, como en otros países latinoamericanos, la generación fotovoltaica tiene un alto potencial de producción debido a su ubicación geográfica, cuyo valor estimado es de 312 GW (Muñoz et al. 2013, 64; Vaca-Revelo y Ordóñez 2019, 4). Los niveles de radiación en el país son lo suficientemente altos para desarrollar tecnologías de tipo fotovoltaico (para generar electricidad por conversión fotovoltaica) y de tipo térmico (para producir calor y agua sanitaria por conversión térmica) requiriéndose de al menos 3,8 KWh/m<sup>2</sup>/día para que un proyecto sea viable (Vaca-Revelo y Ordoñez 2019, 9; Cevallos-Sierra y Ramos Martín 2018, 1159). De acuerdo con el mapa de Irradiación Global Horizontal (GHI) anual (Figura 17), aproximadamente el 75 % del territorio

ecuatoriano presenta niveles por encima del valor referencial. Loja es en la parte continental la provincia con mayor potencia solar (desde 4,2 a 5,7 KWh/m<sup>2</sup>/día) pero también son considerables los valores de irradiación solar de las provincias de Pichincha e Imbabura (4,5–5,7 KWh/m<sup>2</sup>/día). Además, por su localización en la región insular, la provincia de Galápagos presenta los valores más altos para la generación solar en Ecuador (4,8–6,3 KWh/m<sup>2</sup>/día), lo que sugiere una alta viabilidad para este tipo de proyectos (Vaca-Revelo y Ordoñez 2019, 10).

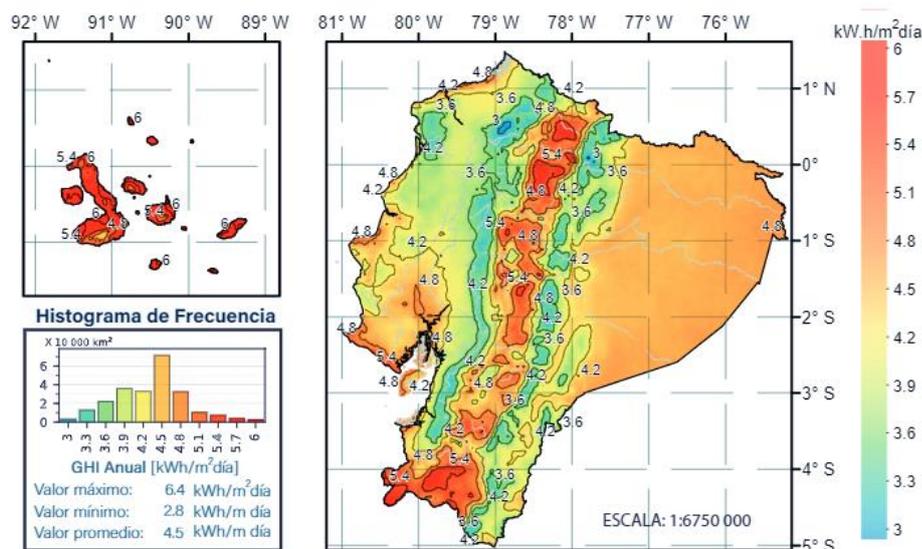


Figura 17 Mapa de Irradiación Global Horizontal (GHI) anual en Ecuador  
Fuente: Vaca-Revelo y Ordoñez (2019)

Para impulsar la promoción de ERNC, en el año 2000 se aprobó en el país una reglamentación para establecer una Tarifa de Alimentación (FIT, por sus siglas en inglés). Este sería un mecanismo para establecer un precio fijo que incentive y atraiga a inversionistas productores de energía renovable (Regulación CONELEC 008-2000) definiéndose para las instalaciones fotovoltaicas un valor de 520 USD/MWh que no llegó a ejecutarse (Batlle y Barroso 2011, 7). En los años siguientes, esta normativa pasaría por algunas reformas: 003/2002; 004/2004; 009/2006. En el año 2011 se aprobaría la regulación 004/2011 en donde se fijó un precio preferencial de la energía fotovoltaica de 0,40 y 0,44 centavos de dólar/KWh a nivel continental e insular respectivamente, con una vigencia de precios de 15 años. Bajo esta normativa se firmaron desde el CONELEC títulos habilitantes por 355 MW de potencia fotovoltaica en 91 proyectos (15 mayores a 1 MW y 76 menores a 1 MW) que en su gran mayoría no llegaron a entrar en operación dada falta de financiamiento y las trabas burocráticas a las que se enfrentaban los inversionistas (Araujo, 2014). La regulación 004/2011 estuvo vigente hasta el año 2012

y fue sustituida por la regulación 001/2013 (en donde se aprobaría una FIT únicamente para centrales minihidráulicas, y proyectos de biogás, y biomasa) que estuvo a su vez vigente hasta año 2016 sin contar con reformas posteriores.

Antes del año 2007, la energía fotovoltaica se empleaba únicamente para la electrificación rural. Entre el año 2003 y 2006 se instalaron en el país algunos sistemas de electrificación rural en zonas del oriente ecuatoriano y lugares cercanos a la frontera con Perú a través de los fondos FERUM (Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal) (Batlle, y Barroso 2011, 8). Posteriormente, continuaron promoviéndose proyectos como Euro Solar (2007-2013) o Yatsa li Etsari (2011-2015), aunque los mismos no llegaron a ser sostenibles en el tiempo debido a la falta de mantenimiento de los equipos, falta de interés de la población beneficiaria, aspectos de seguridad, entre otros (Ponce-Jara et al. 2021, 156). La energía fotovoltaica en Ecuador fue inexistente en la matriz eléctrica nacional hasta comienzos del año 2005 cuando su aporte correspondía a 0,03 MW (asociados a la generación fotovoltaica de dos proyectos instalados en las Islas Galápagos). En la actualidad operan 34 centrales fotovoltaicas que generan 26,7MW de potencia efectiva con potencias que van desde los 0,005MW hasta los 2MW (EC MEERN 2016,143). Estas centrales se concentran en diez provincias indicadas en la Tabla 11 y entraron en su mayoría en operación en el año 2014 (20 centrales) bajo la regulación 004/2011 anteriormente mencionada.

Tabla 11  
**Centrales fotovoltaicas en el Ecuador y potencias generadas**

<b>Provincia</b>	<b>Número Centrales</b>	<b>Potencia Nominal Total (MW)*</b>	<b>Potencia Efectiva Total (MW)**</b>
Cotopaxi	2	2,0	2,0
El Oro	6	6,0	6,0
Galápagos	8	2,6	2,6
Guayas	4	4,0	4,0
Imbabura	3	4,0	4,0
Loja	6	6,0	5,1
Manabí	2	1,5	1,5
Morona Santiago	1	0,4	0,4
Pastaza	1	0,2	0,2
Pichincha	1	1,0	1,0
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>27,6</b>	<b>26,7</b>

(\*) Capacidad máxima de las centrales instaladas (\*\*) Rendimiento real al que operan las centrales

Fuente: ARCONEL (2018).

Elaboración propia

### **La generación distribuida en Ecuador**

La generación distribuida se define generalmente como la “generación de electricidad por plantas relativamente pequeñas (menor a 10MW) en relación con las plantas centralizadas, con capacidad suficiente para permitir su interconexión en cualquier punto del sistema eléctrico considerando los siguientes aspectos: finalidad y localización; potencia nominal y nivel de tensión; y, características de la zona de entrega de energía” (Muñoz et al. 2018, 61). Como fuera mencionado en el segundo capítulo, en Ecuador, se aprobó en el año 2018 la regulación ARCONEL 003/18, denominada “Generación fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica” mediante la cual los usuarios de manera particular podían optar por la instalación de centrales fotovoltaicas de autoconsumo, siendo empleada en su mayoría por usuarios residenciales.

En abril del año 2021 se emitieron en el país dos nuevas regulaciones (con las que se derogó la regulación promulgada en el año 2018); la regulación ARCERNNR-001/2021 que contempla “las disposiciones para el proceso de habilitación, conexión, instalación y operación de sistemas de generación distribuida, basadas en fuentes de energía renovable para el autoabastecimiento de consumidores regulados” de hasta 1 MW y la regulación ARCERNNR 002/2021 que especifica las condiciones técnicas y comerciales a cumplirse respecto al desarrollo y operación de centrales de generación distribuida, de propiedad de empresas habilitadas por el ministerio del ramo para la generación de hasta 10 MW. De acuerdo con la ARC (2021) desde agosto 2019 hasta julio 2021 se han registrado 106 autorizaciones para consumidores de energía fotovoltaica en todo el país, basadas en la reglamentación indicada, que suman un total de 2,9 MW.

#### **3.1 La energía fotovoltaica como fuente complementaria en la actual matriz eléctrica ecuatoriana**

Como se ha señalado previamente, en Ecuador más del 80 % de la energía eléctrica se genera a través de centrales hidroeléctricas, cuya producción se ha visto afectada en épocas de sequías. Con el fin de garantizar el suministro eléctrico a nivel local, es necesario compensar la estacionalidad de la energía hidroeléctrica (cuya capacidad se reduce hasta una tercera parte durante la estación seca de octubre a marzo) privilegiando fuentes de tipo renovable para no optar por la generación térmica dados los altos costos asociados su operación y las emisiones de GEI que emite a la atmósfera (Jara 2018, 1-3).

Si bien la generación hídrica continúa siendo una prioridad política en el país, desarrollar la capacidad restante -concentrada mayoritariamente en la cuenca amazónica- podría implicar varios problemas sociales y ambientales como se indicó en el capítulo anterior. Además, se generarían excedentes durante la estación húmeda (marzo-septiembre) generando un desperdicio de energía; y, aunque se podría explorar el potencial de la cuenca del Pacífico, este sería apenas del 20 % del de la cuenca del Amazonas y sus recursos se reducen de manera drástica los últimos tres meses del año por lo que no resultaría una opción viable (Jara 2018, 3-4). En este sentido, y considerando los porcentajes de irradiación solar en el país, estas dos fuentes (hidro y solar) podrían ser complementarias para suplir la demanda interna durante la estación seca, es decir desde octubre hasta marzo (Figura 18).

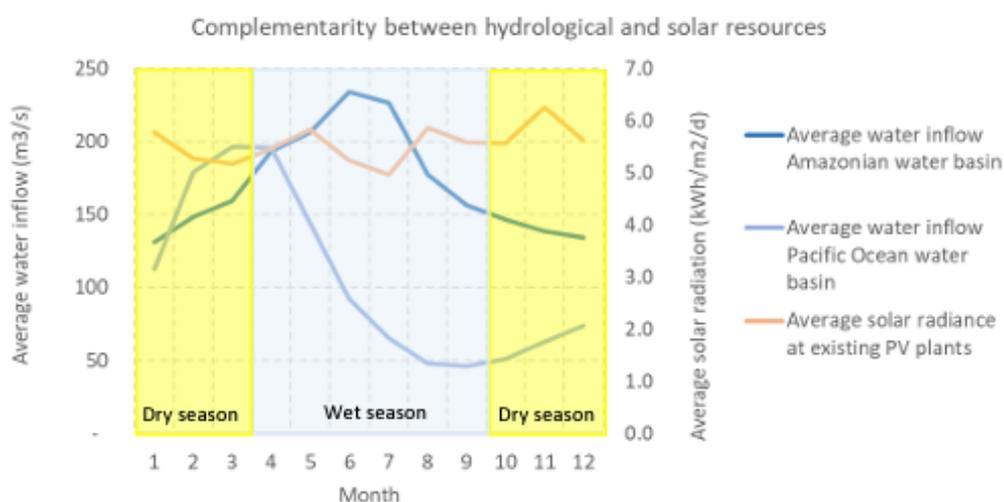


Figura 18 Complementariedad entre la generación hídrica y solar en Ecuador  
Fuente: Jara (2018)

Según el estudio llevado a cabo por Jara (2018, 57-8) empleando la combinación de un análisis multicriterio participativo basado en sistemas de información geográfica, se identificó un importante potencial de instalación fotovoltaica sin explotar de 35,7 GWp, (que equivale a 4,3 veces la capacidad actual del sistema eléctrico). De este potencial, casi la mitad se encuentra en el sur del país siendo que la tierra más apta cubre el 3,4 % (805 Km<sup>2</sup>) del territorio nacional (Anexo 5). El desarrollo del 10,9 % de este potencial podría complementar a la energía hidroeléctrica y reducir la necesidad de ampliar la generación termoeléctrica para suplir las futuras demandas hacia el año 2030, con el respectivo ahorro en los costos operativos y de emisiones de GEI a la atmósfera (Jara 2018, 57-8).

### 3.2 El futuro de la energía fotovoltaica en Ecuador

De acuerdo con la plataforma GlobalData (2020), con un crecimiento esperado de alrededor del 15 % durante esta década y bajo un escenario optimista, se prevé que las instalaciones fotovoltaicas anuales aceleren su despliegue en Ecuador cada año a partir de 2023 y más allá del año 2025 alcancen más de 450 MW.

Dentro del portafolio de las ERNC se ha contemplado en el país el desarrollo de cuatro bloques de generación para 2024, 2025, 2026 y 2028. A la fecha, se ha publicado información general del Bloque I (500 MW) -cuyo proceso de licitación se indica iniciaría a finales del año 2021- con 120 MW de potencia corresponderían a proyectos de energía fotovoltaica. Además de este primer Bloque de ERNC, dentro del Plan de Expansión de Generación 2018-2027 se contemplan dos iniciativas fotovoltaicas específicas: Conolophus Solar de 14,8 MW y El Aromo de 258 MW cuya información se amplía a continuación:

#### a. Proyecto Fotovoltaico “El Aromo”

En diciembre 2020, se aprobó desde el gobierno central la construcción del Proyecto Fotovoltaico “El Aromo” proyecto incluido inicialmente dentro PME 2016-2025 (EC MERNNR 2019, 4). Con una inversión aproximada de 180 millones de dólares, “El Aromo” sería el mayor proyecto de generación fotovoltaica en la historia ecuatoriana que añadiría 258 MW a la generación actual de 26,7 MW, cubriendo el 60,8 % del consumo energético de Manta y el 22 % de la provincia de Manabí (EC MEERN, 2020a). El contrato se firmó con la empresa española Solarpack dentro del PPS que inició en agosto 2019 con un tiempo de concesión de 20 años, incluido el tiempo de construcción (que a finales del 2022 aún no ha iniciado). A pesar la exposición solar relativamente baja que tiene la Provincia de Manabí (Figura 17), este proyecto se ubicaría precisamente en ella ocupando 290 hectáreas del terreno que estuvo destinado para la construcción de la Refinería del Pacífico (700 hectáreas) <sup>9</sup> (Figura 19), plan que hasta la fecha continúa abandonado.

---

<sup>9</sup> La Refinería del Pacífico, según el gobierno de Correa, sería uno de los proyectos emblemáticos dentro del plan de soberanía energética, con el que el país se convertiría en un exportador de productos con valor agregado (EC Presidencia de la República del Ecuador, 2017). De acuerdo a la auditoría realizada en 2020 por la Contraloría General del Estado se señala una inversión que supera los 1.500 millones de dólares en “infraestructura inútil” (EC Contraloría General del Estado, 2020).

De acuerdo con la Asociación Ecuatoriana de Eficiencia Energética y Energías Renovables (AEEREE), el Aromo contaría con un 20 % menos de exposición si compara con las provincias de mayor incidencia solar (Pichincha, Loja, Imbabura y Galápagos) lo que tendrá un efecto en el costo de la tarifa eléctrica de generación; así, por ejemplo, mientras para proyectos en similares en la región el costo del kWh es de 0,0495 USD, para EL Aromo sería de 0,06935USD (Pacheco, 2021). No obstante, según la AEEREE, el país pagaba anteriormente por la generación de energía fotovoltaica 0,40USD por cada kWh con lo que el precio que se prevé podría considerarse favorable para este proyecto (Pacheco, 2021).



Figura 19 Espacio donde se tenía prevista la operación de la Refinería del Pacífico y se destinaría a la operación de El Aromo en 290 ha.  
Fuente: El Comercio (2020)

### **b. Proyecto Fotovoltaico Conolophus**

El proyecto Conolophus forma parte de la Iniciativa Cero Combustibles Fósiles en Galápagos. Esta iniciativa inició el año 2007 con el objetivo de reducir paulatinamente el uso de combustibles fósiles mediante la ejecución de proyectos de energía renovable (solar, eólica, hidráulica, biocombustibles y geotérmica) para cubrir la demanda energética y conservar a su vez el archipiélago que es un área sensible tanto desde la perspectiva ambiental como social (MERNNR 2018, 325). De esta manera en Galápagos la matriz energética pasó de tener una participación de 0 % de ERNC en el año 2006 al 15 % en el año 2016 basándose en fuentes solares y eólicas, estimándose que estas alcancen una participación del 60 % para 2023 (Ponce-Jara et al. 2021, 159).

Con el proyecto Conolophus se pretende desplazar la generación térmica de la isla Santa Cruz ya que se estima alcanzar un 70 % de generación renovable para satisfacer su

demanda energética hacia el año 2023 y también reducir un promedio de 16.400 toneladas de CO<sub>2</sub> al año por el desplazamiento de la generación térmica (MERNNR, 2021). Tiene prevista una capacidad de 14,8 MW con baterías de 40,9 MWh en las islas Santa Cruz y Baltra en un área aproximada de 20 hectáreas en la isla Baltra (terreno donde se encuentra la antigua pista aérea) (MERNNR, 2020b). La concesión del Proyecto de Microrred de Energías Renovables Conolophus, se realizó a la Asociación Gran Solar Total Eren en agosto 2021, por un tiempo 25 años con una inversión de USD 63 millones, 100 % capital privado (MERNNR 2021). De acuerdo con el MERNNR (2021), el proyecto de microrred de energía renovable contempla, además:

- La construcción de la Subestación de Seccionamiento para el Sistema de Interconexión Baltra – Santa Cruz.
- El tendido del segundo circuito entre la Subestación Conolophus y la Subestación Santa Cruz (34,5 kV).
- La implementación de un Sistema de Control Central de Microrred que integrará a todas las centrales de generación y almacenamiento (existentes y futuras).

Como se ha revisado en el presente capítulo, desde el año 2010, la energía solar fotovoltaica ha experimentado un importante crecimiento en el mundo (apalancado en la reducción significativa de los costos asociados a su despliegue). Para el año 2050, se podría esperar que esta tecnología alcance una participación del 25 % dentro de la generación eléctrica global, por los despliegues esperados en China, América del Norte y la Unión Europea. En la región, por otro lado, pese al alto potencial de esta tecnología, son pocos los países que la han desarrollado en sus mercados, destacándose entre ellos Brasil y Chile.

En Ecuador, pese a las regulaciones promovidas y los mecanismos implementados para impulsar los proyectos de ERNC, y de manera particular los fotovoltaicos, su participación continúa siendo mínima en la matriz actual eléctrica actual. Con dos proyectos de generación masiva como son El Aromo y Conolophus (ambos sin iniciar su construcción), se promociona desde el gobierno un mayor desarrollo de esta tecnología. En el pasado, no obstante, proyectos con títulos habilitantes para su construcción no llegaron a implementarse, con lo que el futuro de esta tecnología a gran escala continúa siendo incierto. En materia de generación distribuida, por el contrario, el país parece estar avanzando en las instalaciones que se facultan con permisos emitidos con la normativa del año 2021 de la mano de inversiones privadas.

A pesar de ser una tecnología que, como se ha revisado anteriormente, podría ser incluso complementaria a fuentes como la hidro ¿Cuáles son los obstáculos que impiden un mayor desarrollo de grandes proyectos fotovoltaicos en Ecuador? En el siguiente capítulo se abordará, según el criterio de varios profesionales y expertos en el ámbito energético, cuáles han sido las principales barreras para promover su desarrollo.

## Capítulo quinto

### Obstáculos al desarrollo de la energía fotovoltaica en el sector eléctrico ecuatoriano

Como se ha revisado a lo largo del presente trabajo, a pesar de la disminución de los costos asociados a la tecnología fotovoltaica y el alto potencial técnico con el que cuenta el país, esta fuente tiene un aporte mínimo en la matriz eléctrica ecuatoriana. Con un mercado mayorista regulado, y un predominio de las fuentes hidro, el despliegue de las ERNC -entre ellas, la fotovoltaica-, a pesar de ser una medida contemplada en el actual PME, continúa siendo la fuente de menor participación en la matriz (0,13 %).

En los próximos años se espera a nivel global un mayor despliegue de las fuentes de generación fotovoltaica; sin embargo, a nivel local, una mayor participación podría verse limitada por aspectos de orden económico, político, técnico, entre otros. A continuación, se detallan los obstáculos que ha enfrentado la energía fotovoltaica a escala global (según la revisión bibliográfica realizada en el marco del presente estudio), así como los resultados del análisis llevado a cabo que buscan responder la pregunta de investigación sobre cuáles son los principales obstáculos para el desarrollo de la energía fotovoltaica en el sector eléctrico ecuatoriano, apoyándose para ello en el criterio de los expertos en el sector energético y eléctrico que fueron consultados.

#### 1. Obstáculos para la promoción de la generación fotovoltaica a escala global

Tal como ha sido mencionado durante la introducción del presente trabajo, a pesar del impulso que la energía fotovoltaica ha experimentado en los últimos años, los obstáculos que enfrenta para un mayor desarrollo se presentan tanto en países de economías desarrolladas como aquellos de economías emergentes. Karakaya y Sriwannawit (2015, 61-5) gracias al análisis de 28 países de Asia, África, América y Europa han categorizado las barreras para el impulso de la energía fotovoltaica. Los autores establecen cuatro dimensiones en su análisis: económica, política, sociotécnica y de gestión, e incluyen en estas, una serie de factores específicos que han limitado su desarrollo y que se resumen en la Tabla 5.1(Karakaya y Sriwannawit 2015, 61-5):

Tabla 12

**Barreras para la adopción de sistemas fotovoltaicos**

<b>Tipo de Barrera</b>	<b>Aspectos considerados</b>
<b>Económicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Percepción de que los costos de los sistemas fotovoltaicos (SFV) y su mantenimiento son altos en relación con los sistemas convencionales</li> <li>• Falta de voluntad de bancos para financiar proyectos fotovoltaicos</li> <li>• Falta de fondos internacionales para el desarrollo de proyectos fotovoltaicos</li> <li>• Inestabilidad política que resulta una situación poco atractiva para inversionistas</li> <li>• Bajos ingresos de la población para adquirir SFV</li> </ul>
<b>Políticas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subvenciones a los combustibles fósiles</li> <li>• Estructuras regulatorias rígidas con excesivos procesos burocráticos</li> <li>• Políticas insuficientes o inefectivas y esquemas de subsidios inconsistentes que desalientan a los inversores</li> <li>• Falta de regulación en las tarifas de ERNC (entre esto la falta de institucionalización de tarifas de alimentación -FIT-)</li> <li>• Falta de coordinación de políticas energéticas</li> <li>• Favorecimiento de unas fuentes de generación energética sobre otras</li> <li>• Falta de participación de distintos actores en la planificación energética y falta de estrategia política de innovación</li> </ul>
<b>Sociotécnicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escepticismo sobre de la calidad de sistemas elaborados en Asia, particularmente en China</li> <li>• Falta de educación energética y escaso conocimiento de los SFV en la población</li> <li>• Percepciones sobre la complejidad de los SFV (bajo almacenamiento y capacidad de energía)</li> <li>• Preocupaciones sobre su funcionamiento de SFV en épocas lluviosas, así como requerimientos de espacios grandes para su colocación</li> <li>• Poco interés del sector privado en el mercado fotovoltaico</li> </ul>
<b>Gestión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inadecuada estrategia de negocio en el mercado, así como los mecanismos de financiamiento, de mantenimiento y de asistencia técnica de los sistemas instalados (sobre todo en lugares remotos)</li> </ul>

Fuente: Karakaya y Sriwannawit (2015)

Elaboración propia

A nivel de ALC, Garlet et al. (2019, 157) en un estudio realizado en Brasil, establecen como barreras al desarrollo de la energía fotovoltaica distintos aspectos de orden político, económico, social, técnico y de gestión. En el caso de Colombia, predominan las barreras de tipo sociopolíticas, económicas y técnicas (Gómez-Navarro y Ribó-Pérez 2018, 131). El mercado fotovoltaico chileno, por su parte, refleja obstáculos de tipo cultural, regulatorio, técnico y económico según lo indica Nasirov et al. (2015, 3706-8).

## **2. Obstáculos para la promoción de la energía fotovoltaica en el contexto eléctrico ecuatoriano: síntesis de las entrevistas realizadas**

Como fuera mencionado en la parte introductoria del presente trabajo, se realizaron entrevistas a un grupo de expertos desde la academia, sector público y privado en el ámbito energético y eléctrico (Anexo 1). Además de identificar los obstáculos que

los expertos perciben a la implementación de la energía fotovoltaica en el sector eléctrico ecuatoriano, se buscó conocer y caracterizar sus visiones frente al mercado eléctrico, la planificación eléctrica a nivel local, la transición energética en Ecuador y la soberanía, seguridad y sustentabilidad de los actuales sistemas.

### **Transición, seguridad, soberanía y sustentabilidad energética en Ecuador**

En cuanto al mercado eléctrico nacional, tres de los entrevistados desde el sector privado, argumentan que, si bien el Estado continúa controlando dicho mercado, las políticas recientes han dado paso a una mayor apertura a la inversión privada a través de los instrumentos regulatorios desarrollados en los últimos años y el discurso de apertura que se ha promovido desde el actual gobierno a este sector (C<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>). Por su parte, los entrevistados que pertenecen al sector público si bien estiman que con la nueva regulación emitida sobre proyectos de generación distribuida (Regulación ARCERNNR-001/2021 y ARCERNNR-002/2021) se habilita una alternativa para apalancar este tipo de proyectos (contemplados en la LOSSPE), argumentan que está sujeta a mejoras en su implementación tanto en tiempos de ejecución como en aspectos de carácter técnico (G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>). Al abordar el horizonte de planificación de los proyectos contemplados en el PME, dos de los expertos consultados consideran que la ventana propuesta en dicho plan (9 años) resulta suficiente a nivel país, y dentro del sector energético, reconocen al eléctrico como uno de los más ordenados en cuanto al manejo que tiene (A<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>). Sin embargo, considerando la ejecución del actual y anteriores Planes Maestros de Electrificación, existe también la percepción desde uno de los participantes (con trayectoria tanto desde el gobierno como el ámbito privado) de que este tipo de instrumentos (PME) son la “medida de lo que no se cumple en el país” (P<sub>1</sub>) estableciéndose metas (sobre todo en la generación de proyectos renovables no convencionales) que, a menudo, no cuentan con un sustento técnico.

Al analizar la composición de la matriz eléctrica actual, tres de los entrevistados (desde el sector público y privado) coinciden en que, habiendo un gran potencial del recurso hídrico fue importante haberlo aprovechado en la generación eléctrica (A<sub>2</sub>, G<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>). En este sentido, cuando se analiza las nociones de soberanía, seguridad y sustentabilidad energética, el concepto que manejan los participantes (desde la academia y sector privado y público) sobre estas tres dimensiones de la energía coincide con las definiciones contempladas en los instrumentos legales que se han desarrollado en el país, y que fueran abordados en el capítulo primero. De esta manera, existe la percepción de

que haber priorizado a la generación hídrica en la actual matriz eléctrica sería un aspecto que le aporta soberanía al sistema -al tratarse de un “recurso propio”- y brinda seguridad al momento de abastecer las actuales y crecientes demandas ( $C_1$ ,  $G_2$ ,  $A_2$ ). No obstante, si se analiza un panorama futuro, “depender más de un 80 % de las centrales hidroeléctricas podría representar un riesgo en aspectos propios de la seguridad del abastecimiento” ( $A_2$ ), considerando posibles episodios de sequías (como consecuencia del cambio climático) que se pueden dar en el país en los siguientes años ( $A_1$ ,  $A_2$ ). En cuanto a la sustentabilidad de la matriz eléctrica, si bien desde el Estado se ha catalogado a la energía hidráulica como una fuente renovable que ha permitido la disminución de emisiones de GEI a la atmosfera ( $A_1$ ), es importante considerar cuando se definiría como “no convencional”. En esta línea, uno de los representantes del gobierno ( $G_2$ ) considera que se deberían analizar los criterios que para catalogarla como “no convencional”, a fin de no generar contradicciones al incluirla en el grupo de ERNC. En cuanto a la generación térmica, se señala por parte de uno de los entrevistados del sector público que, a pesar de asociarse con la generación de emisiones de GEI, es una fuente que debería seguirse aprovechando por su potencial y la diversificación que le brinda a la matriz actual ( $G_1$ ). En contraste, varios entrevistados señalan que, con un recurso solar y eólico importante, Ecuador podría diversificar más sus fuentes de generación sin depender mayoritariamente de una sola tecnología ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $P_1$ ,  $P_3$ ).

Al consultar sobre la factibilidad del Proyecto Fotovoltaico El Aromo (que fuera abordado en el capítulo anterior), los expertos involucrados desde la academia señalan que, a pesar de que no contaría con la mejor ubicación (por los niveles de radiación), podría contribuir a reducir el funcionamiento de las centrales térmicas en Manabí (sobre todo la Central de Jaramijó) y a complementar la actual generación hídrica ( $A_1$ ,  $A_2$ ). Existe la percepción, no obstante, de que la posible instalación de este proyecto, catalogado como el mayor proyecto de generación fotovoltaica en la historia ecuatoriana, “obedece más a motivos políticos que técnicos” ( $C_1$ ) y que “si existe voluntad política, saldrá en operación, sino seguirá parado como ha sido hasta ahora” ( $A_1$ ). Además, considerando los niveles de radiación en Manabí, una inversión de este tipo se justificaría en otras provincias con mayor potencial de radiación para abaratar los costos de generación ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $C_1$ ).

En cuanto a la transición energética en el país, existe la percepción por parte de uno de los entrevistados desde el sector público (con amplia trayectoria en el campo del desarrollo energético sostenible) de que este tipo de mecanismos como el impulso de

tecnologías renovables no convencionales se generan con el fin vender tecnología entre los estados, buscando impulsar los acuerdos comerciales bajo el “pretexto de atender los problemas del cambio climático” (G<sub>2</sub>). Por otro lado, varios de los expertos coinciden en que, en lo que respecta a la generación eléctrica, con el impulso que ha recibido de la generación hídrica se ha podido avanzar en la transición energética de una manera sustentable, considerando el uso de fuentes renovables convencionales (A<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, G<sub>1</sub>). Para uno de los expertos que cuenta con amplia trayectoria en el campo de la consultoría energética nacional e internacional, “la hidro, debería mantenerse como base en Ecuador, pero se debe fomentar la generación distribuida en la demanda” (C<sub>1</sub>). En cuanto a los compromisos de descarbonización energéticos para mediados de siglo, tres de los entrevistados coinciden que son poco reales dada la fuerte dependencia que experimenta Ecuador hacia los combustibles fósiles y sus subsidios, así como la urgencia de atender los problemas de pobreza y desigualdad que son aspectos de carácter prioritario en la agenda política nacional (P<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>). En el pasado, por ejemplo, la promoción de la adquisición de cocinas de inducción se vio limitada por el subsidio existente del GLP, al igual que la adquisición de vehículos eléctricos dado el subsidio existente para los combustibles (C<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>) lo que muestra los obstáculos al poner en práctica este tipo de medidas. Desde el sector privado, uno de los entrevistados considera que, la “verdadera transición energética, debe empezar en los hogares” (P<sub>1</sub>), de ahí la importancia en dar a conocer las diferentes alternativas para el suministro energético a la población en general. En este mismo sentido, se argumenta por el mismo experto que es necesario que “el usuario sea incentivado para que sea su propio generador y maneje la energía que produce” (P<sub>1</sub>). Otra de las personas consultadas indica que “quien más tiene, más puede asumir la transición energética”, por ello hay que considerar como un limitante los recursos con los que se cuenta para financiar proyectos de tipo renovable tanto a nivel país como aquellos de carácter particular (C<sub>1</sub>). Es así, que hoy en día son las grandes empresas y mayores consumidores residenciales de energía (aquellos con planillas eléctricas altas) los que han podido acceder a este tipo de sistemas, viendo los beneficios económicos y el retorno de sus inversiones en menos de cinco años (P<sub>3</sub>)

## **2.1 Categorías de obstáculos para el desarrollo de la energía fotovoltaica**

Tras la sistematización de las entrevistas realizadas se han podido identificar distintas barreras para la promoción de la tecnología fotovoltaica en Ecuador en el sector eléctrico. Estas barreras u obstáculos se han agrupado en cinco categorías en función de las categorías identificadas en la bibliografía señalada en la introducción del presente trabajo (políticos e institucionales, regulatorios, económicos, técnicos y socioculturales).

### **a. Obstáculos políticos e institucionales**

Las medidas políticas e institucionales son un componente fundamental para la difusión de las ERNC. En Ecuador, según la visión de tres de los entrevistados (tanto desde la academia como del sector privado), uno de los principales obstáculos a nivel institucional y político es que el Estado es el responsable de controlar todos los aspectos relacionados a la energía (A<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, P<sub>1</sub>). Se argumenta que “el sector eléctrico tiene una visión estatista, en donde poca cabida tiene el sector privado” (C<sub>1</sub>). Asimismo, se tiene la percepción que la planificación energética se encuentra politizada y está separada de la planificación eléctrica (C<sub>1</sub>) y que no se considera la participación de otros actores que no sea el mismo gobierno (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, P<sub>1</sub>). Uno de los participantes de la academia señala, además, que “no existe una política energética clara que apoye la promoción de ERNC, ni una planificación integral con metas específicas o mecanismos que las impulse” (A<sub>2</sub>). Para uno de los expertos, “la política energética tiene que ser de largo plazo, no se puede pensar en cambios cada cuatro años” (C<sub>1</sub>).

Se reconoce que, aprovechando el potencial hidráulico con el que cuenta el país, se ha favorecido el desarrollo de la fuente renovable convencional dejando a otras renovables no convencionales con una participación casi nula (C<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>). El “apoyo político hacia la generación hidro se ha traducido en millonarias inversiones para su desarrollo, al punto de generar una sobreoferta de electricidad porque no se han cumplido con proyectos como las cocinas de inducción, el Metro de Quito o el crecimiento industrial previsto...” (A<sub>1</sub>). Uno de los expertos entrevistados señala que la construcción de mega centrales de generación hídrica ha sido también asociada a casos de sobreprecios y sobornos con funcionarios del gobierno; y argumenta que, este panorama de corrupción podría ser otro de los obstáculos para posibles inversores que tengan interés de participación en procesos de contratación pública (C<sub>1</sub>).

La política de subsidios tanto para la electricidad como los combustibles fósiles se constituye para expertos del sector privado, público y academia, como otra de las

grandes barreras para ampliar el uso de ERNC como la fotovoltaica, sobre todo a pequeña escala (A<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, G<sub>1</sub>). Las subvenciones existentes a los derivados del petróleo, además de presentar un puesto importante de los presupuestos estatales, afectan también a la competitividad de la energía fotovoltaica en el mercado: “con los subsidios que se aplican, la generación térmica implica un costo de 0,06 USD/KWh y el de una planta solar 0,20 USD/KWh con lo que no es un valor competitivo y no se han generado políticas para bajar estos costos” (A<sub>1</sub>).

Existe en el país un panorama de incertidumbre sobre la dirección que se tome en los siguientes años en materia energética, de acuerdo a uno de los participantes del sector privado (P<sub>3</sub>); y, a pesar de que se ha promovido un discurso político enfocado en la necesidad de consolidar fuentes renovables de generación energética, la actual dependencia hacia las fuentes no renovables no ha permitido cambiarlo (P<sub>1</sub>). En cuanto a los subsidios a los precios de la energía eléctrica, se considera que en el país no está transparentado el costo de generación de la energía, factor que pone en desventaja a otras fuentes como la solar fotovoltaica: “competir en precios con la tarifa de la dignidad<sup>10</sup> no resultaría viable en el mercado actual para un proyecto fotovoltaico” (G<sub>1</sub>). Las tasas de ganancias de la energía solar fotovoltaica no se pueden comparar con las de otras fuentes, una visión que se comparte tanto desde funcionarios del gobierno como de la empresa privada (C<sub>1</sub>, G<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>). Además, se considera desde uno de los expertos del sector privado que el precio de la electricidad no lo fija el mercado, sino que es un aspecto que obedece a aspectos de orden político” (P<sub>2</sub>) y para criterio de otro de los participantes, la “falta de mecanismos a que ayuden a que el precio del KWh de los proyectos fotovoltaicos se reduzca, el limitante más grave” (A<sub>1</sub>).

Reconociendo la importancia de mantener agendas ministeriales que faciliten la transición energética en el país, las personas consultadas del ámbito privado y público consideran que a nivel institucional no se evidencia una adecuada coordinación interministerial (ministerio del ramo energético y de ambiente, principalmente), por lo que “el conocimiento está disperso entre las dos instituciones” (A<sub>2</sub>) y esto limita avanzar en esta línea (G<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>). En este contexto, para uno de los expertos del sector privado, se pierde en el país la oportunidad de impulsar temas conjuntos como la electro-movilidad

---

<sup>10</sup> Tarifa aplicada a abonados residenciales con consumos hasta de 10 kWh/mes en empresas distribuidoras de la región sierra y de hasta de 130 kWh/ en las de la región costa, oriente e insular (EC CELEC, 2022).

o la energía solar térmica para el calentamiento de agua, que podrían ser transversales en estos despachos y útiles en la transición hacia fuentes renovables de generación (P<sub>1</sub>)

Finalmente, como parte de las barreras institucionales y políticas, otro de los obstáculos señalados para la energía fotovoltaica según el criterio de uno de los participantes desde el sector privado, es la poca inversión y la falta de recursos destinados a la investigación desde el gobierno para este tipo de tecnología y su futuro desarrollo a nivel local (P<sub>1</sub>). Años atrás, “con la creación del INER se intentó solventar este aspecto en el país, pero a la final no funcionó” (P<sub>1</sub>) y no se han evidenciado desde allí, intentos de retomar la investigación energética desde el ámbito local.

### **b. Obstáculos regulatorios**

En Ecuador, la generación de energía eléctrica se desarrolla en un mercado mayorista regulado que es relativamente pequeño, por lo que existe la percepción de que podría representar un obstáculo para la participación del sector privado (A<sub>1</sub>). El esquema de servicio eléctrico nacional es de generación-transmisión-distribución. Dentro de la distribución del servicio está embebida la comercialización, lo que, a criterio de uno de los entrevistados del sector privado hace que se desarrolle “un monopolio con las distribuidoras que, al ser empresas públicas crean una suerte de mercado cautivo”, aspecto que se podría corregir si se separa la comercialización de la distribución del servicio eléctrico (C<sub>1</sub>). Un criterio que se comparte desde el ámbito público y privado es que, para el desarrollo de nuevos proyectos a gran escala los procesos asociados son altamente burocráticos y demorosos (A<sub>1</sub>, P<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>). Desde el ámbito público se manifiesta que se requiere para su ejecución una serie de estudios, trámites y autorizaciones (permisos de operación, ambientales, y otros) que suponen tiempos extensos (no atractivos y en algunos casos desalentadores para los inversionistas) (G<sub>2</sub>). El Proyecto Fotovoltaico El Aromo, por ejemplo, inició su PPS en el año 2019 firmando su contrato a finales del año 2020 y dos años más tarde sigue sin haber arrancado su construcción (P<sub>1</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>). Para proyectos de autoconsumo, “a pesar de que los tiempos de autorización en las empresas distribuidoras han disminuido pasando de 9 meses en promedio en 2018 a 3 meses en 2022, no existe una homologación de criterios y tiempos de atención en estas empresas” (P<sub>2</sub>).

Desde el sector privado, existe la percepción que, en cuanto al marco regulatorio nacional, el mismo no ha sido estable a lo largo de los años y frente a las tendencias actuales en materia energética, resulta obsoleto (P<sub>1</sub>). Si bien la generación distribuida se

ha impulsado gracias a la promoción de normativa específica para proyectos de hasta 10 MW (P<sub>3</sub>), la misma no se ha relacionado como parte de la planificación dentro del Plan Maestro de Electricidad, siendo un aspecto que debería considerarse según uno de los expertos contactados (C<sub>1</sub>). Por otra parte, existen obstáculos que se perciben desde el sector privado como la falta de transparencia en los procesos de contratación pública que resulta en otra de las barreras para el desarrollo de los proyectos fotovoltaicos (P<sub>1</sub>). Dos participantes manifiestan además que, en años pasados, a pesar de contar con la aprobación de títulos habilitantes, cerca de 100 proyectos de generación fotovoltaica nunca llegaron a ejecutarse (como se abordó en el capítulo cuarto) (P<sub>1</sub>, A<sub>1</sub>). Finalmente, dos expertos coinciden en que el sector de la construcción, no dispone de regulaciones que promuevan el empleo de energías renovables como ocurre en países. Se cita como ejemplo a Uruguay que cuenta con este marco regulatorio que ha impulsado su desarrollo tanto a nivel público como privado (A<sub>2</sub>, P<sub>1</sub>).

### **c. Obstáculos económicos**

Desde el punto de vista económico, participantes tanto de la academia como el sector privado, argumentan que los principales obstáculos para lograr una mayor promoción de la tecnología fotovoltaica en el país incluyen la falta de incentivos tributarios para su inversión, la dificultad para acceder a créditos de financiamiento, y las tasas de interés poco atractivas ofertadas desde los bancos para realizar este tipo de instalaciones (A<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>). Si bien en el Ecuador se han desarrollado instrumentos a nivel tributario como la exoneración del impuesto a la renta para equipos, los entrevistados coinciden en que deberían reducirse los aranceles a las importaciones y el impuesto al valor agregado (IVA) considerando sobre todo que, los precios del mercado nacional son más altos que los que se manejan a nivel internacional (proporción 3:1) (A<sub>1</sub>). Por otra parte, a pesar de que en años pasados se ha visto una tendencia a la baja en el costo de los paneles solares, durante el 2021 sus costos incrementaron posiblemente debido al aumento en los precios de los componentes electrónicos de estos paneles, lo que podría ser una barrera adicional para uno de los participantes (P<sub>2</sub>).

La inseguridad jurídica, la ausencia de un clima favorable de negocios en el país, y la falta de seguridad sobre los precios futuros de la energía, genera incertidumbre en los inversionistas que pierden interés en el mercado, percepción que se da en dos participantes que pertenecen al sector privado y público (P<sub>3</sub>, G<sub>2</sub>). Finalmente, en cuanto a proyectos de autoconsumo, los costos iniciales de capital pueden ser altos, lo que para

los entrevistados desde el sector privado y la academia podría frenar la ejecución de este tipo de proyectos (a pesar de que el retorno de la inversión podría resultar conveniente según la capacidad instalada) (A<sub>2</sub>, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>).

#### **d. Obstáculos técnicos**

A pesar de haber grandes progresos en el ámbito técnico asociados al desarrollo de la tecnología fotovoltaica a escala mundial, desde el sector privado existe la percepción de que a nivel nacional muy poco se ha avanzado en este aspecto (debido principalmente a la falta de inversión en su investigación como fuera contemplado dentro de las barreras políticas e institucionales) (P<sub>1</sub>). Uno de los entrevistados considera que en Ecuador no existe un número suficiente de profesionales expertos en el campo de las energías renovables (principalmente a nivel de las distribuidoras de energía) (P<sub>1</sub>), e incluso en los casos en los que se cuenta con ellos, al momento de desarrollar grandes proyectos “se opta por importar personal técnico de otros países” (A<sub>2</sub>). Además de no contar con mano de obra especializada, uno de los expertos manifiesta que a nivel de la academia no existen espacios de formación para profesionales que quieran especializarse en el ámbito energético-renovable (P<sub>1</sub>) y otro que pocos son los estudios que se han desarrollado a nivel técnico para analizar la factibilidad de este tipo de proyectos a nivel nacional (A<sub>2</sub>). A nivel privado, se identifica que “son pocas las empresas especializadas en energías renovables en el país” (P<sub>1</sub>) encontrándose en el mercado empresas que no cuentan con experiencia en la generación fotovoltaica y que ofertan este tipo de servicios generando una “competencia desleal” (P<sub>1</sub>).

Por otra parte, se ha de tomar en cuenta que, para desarrollar un proyecto a gran escala, además de considerar la tecnología y equipos in situ a colocarse, también deben contemplarse los sistemas de conexión que se requieren y ello podría representar una barrera adicional en el país por “no contar con una red de transmisión adecuada” según manifiesta un experto desde la academia (A<sub>2</sub>). Asimismo, existe la percepción por uno de los entrevistados del ámbito privado de que no se han definido localmente mecanismos técnicos para llevar a cabo un control de calidad o certificaciones sobre el funcionamiento de los SFV que se instalan actualmente (P<sub>1</sub>).

Finalmente, considerando la naturaleza intermitente de la energía fotovoltaica (contemplando un abastecimiento únicamente durante las horas de sol en el día), se considera que este factor podría representar una barrera para la promoción de las fuentes solares, según el criterio de uno de los participantes desde la academia (A<sub>2</sub>). Además, el

espacio que requieren los sistemas fotovoltaicos podría ser un obstáculo si se considera una competencia con otros usos de suelo (A<sub>2</sub>). Por ello, de acuerdo a unos de los participantes, es fundamental realizar un “análisis multicriterio que tenga un enfoque ambiental, social, que incorpore aspectos relacionados con los usos de suelo” y que, según estos criterios, se evalúen los proyectos previos a su instalación (A<sub>2</sub>).

#### **e. Obstáculos socioculturales**

A nivel social, desde el sector privado se cree que existe un «desconocimiento» general en la población sobre los beneficios que genera la implementación de proyectos de tipo fotovoltaico -incluyendo el retorno de la inversión con los costos actuales de esta tecnología y de la energía eléctrica- (P<sub>3</sub>). Al no existir información disponible, dos de los entrevistados del sector privado coinciden en que no se puede esperar un nivel alto de aceptación social lo que dificulta la decisión de hacer inversiones en este tipo de proyectos por parte de la población (P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>). Existe la percepción de que hay poca información en general sobre energías renovables y sus oportunidades de implementación; además, la educación energética no es un tema que forma parte del currículo nacional (A<sub>2</sub>). Para uno de los participantes del sector privado, “la educación es la clave para generar cambios en la población” debiéndose trabajar desde la niñez en estos aspectos (P<sub>3</sub>).

Finalmente, para uno de los participantes del sector privado, en Ecuador existe una fuerte cultura y vinculación con la hidroelectricidad, siendo una tecnología ampliamente promovida por varios funcionarios de carrera que por años han trabajado en el sector e inciden en las decisiones que se toman desde el ámbito público y que continúan privilegiando el desarrollo de esta fuente en el país (C<sub>1</sub>).



## Conclusiones

A nivel global, más del 40 % de las emisiones actuales de GEI provienen del sector eléctrico, convirtiéndolo en una de las áreas de intervención en la actual transición energética que busca mitigar los efectos del cambio climático. En dicha transición, además de incorporarse criterios de *sustentabilidad* -para fomentar el empleo de energías renovables sobre aquellas de tipo fósil- se han sumado los criterios de *seguridad* y *soberanía* de estos sistemas. Tomando distintas acepciones, según el foro en el que se discutan, estos tres criterios se han priorizado de manera distinta en función de los objetivos marcados en la agenda política y energética de los países, llegando a ser en algunos casos incompatibles en su aplicación.

Ecuador, a pesar de tener un aporte mínimo de emisiones de GEI a nivel global (0,13 %), ha promovido una serie de políticas, mecanismos e instrumentos enfocados en garantizar un abastecimiento energético en condiciones de sustentabilidad (al emplear fuentes renovables) pero también de soberanía (a través del uso de recursos energéticos nacionales) y de seguridad (al generar energía mediante un sistema fiable y asequible). En la práctica, sin embargo, continúa siendo un país dependiente en su matriz primaria en un 90 % de fuentes de tipo fósil, principalmente el petróleo (con reservas que se estima se agoten en un período de 7,4 años) que ha suplido y continúa supliendo las necesidades energéticas locales. En cuanto a la matriz secundaria, al analizar de manera específica la generación eléctrica, la realidad es distinta en el país ya que, el impulso que ha recibido la generación hídrica (catalogada como fuente renovable) ha permitido la descarbonización casi total de los actuales sistemas eléctricos.

En lo que se constituyó a inicios de siglo como una “primera transición” en el sector eléctrico y de la mano de millonarias inversiones (provenientes de las regalías de la venta del petróleo), se generaron importantes cambios gracias a la construcción de mega centrales hidroeléctricas que en su mayoría entraron en operación pese a los problemas técnicos, ambientales y sociales que pudieron suponer. Históricamente, el sector eléctrico ecuatoriano ha demostrado ser muy vulnerable a aspectos de orden político y susceptible a una serie de cambios en su gestión; sin embargo, ha sido entre otros sectores energéticos, el que mayor evolución ha mostrado desde sus inicios. En el año 1961 fue evidente el monopolio estatal que existía en el mercado eléctrico ecuatoriano

y, aunque hubo algunos intentos fallidos por liberalizarlo (entre los años 1999 y 2007), el Estado retomó y ha mantenido su rectoría en éste y otros “sectores estratégicos”.

Como ocurrió con varios países de ALC, el Estado ecuatoriano aprovechó en años pasados el alto potencial hídrico existente, lo que le permitió al país alcanzar y cumplir los criterios de soberanía, seguridad y sustentabilidad tal como se definen en sus cuerpos normativos. No obstante, los presentes y futuros escenarios climáticos, podrían amenazar la generación hidroeléctrica y con ello los avances alcanzados en este campo. A nivel regional, países como Chile o Brasil que cuentan también con una alta participación de la generación hidro en sus matrices, se han visto en la necesidad de diversificar sus fuentes (impulsando principalmente a la energía fotovoltaica y eólica) dados los fuertes episodios de sequías (que han afectado su producción hidroeléctrica) y los problemas socioambientales que ha conllevado el despliegue de esta tecnología.

Ecuador por su parte, continúa apostando en su planificación eléctrica nacional por la generación hídrica convencional y no convencional, actual responsable de más del 80 % del abastecimiento nacional. La actual planificación eléctrica nacional (avizorada hasta el año 2027), continúa impulsando también la generación térmica a partir de fuentes fósiles y muestra intenciones de incorporar el desarrollo de bloques de ERNC (aunque en menor proporción) aprovechando el alto potencial con el que cuentan estas fuentes como es el caso de la energía fotovoltaica. Mientras en el mundo la tecnología más promovida es la fotovoltaica (previéndose que lo siga siendo hasta finales de siglo), en Ecuador son pocos los proyectos confirmados dentro del actual Plan Maestro de Electricidad. Entre estos, destaca el Proyecto Fotovoltaico “*El Aromo*” constituido como la iniciativa fotovoltaica más ambiciosa que multiplicaría por diez la insipiente participación fotovoltaica actual en el país (0,13 %). Sin embargo, y a pesar de contar con un contrato de concesión firmado por 20 años con la empresa privada, su operación prevista para el año 2022 no ha logrado concretarse.

Son varias las barreras que enfrentan en la actualidad tanto los proyectos fotovoltaicos a gran escala como aquellos vinculados a la generación distribuida en Ecuador. Con esta consideración, la presente investigación buscó a través de un estudio del mercado eléctrico actual y las tendencias a nivel global, analizar cuáles son los obstáculos a los que se enfrenta la energía fotovoltaica para aumentar su participación en el abastecimiento energético del sistema eléctrico nacional. A partir de entrevistas semiestructuradas realizadas a un grupo de expertos en el ámbito energético del sector público, privado y la academia, e inspirándose de estudios previos (Karakaya y

Sriwannawit, 2015) se ha concluido que existen obstáculos de orden político e institucional, regulatorio, económico, técnico y sociocultural que están limitando una mayor participación de esta tecnología en el contexto local.

A nivel político e institucional, promover una mayor participación de ERNC (incluyendo la energía fotovoltaica) en la actual matriz eléctrica, requerirá de una política participativa (multi actor y multi sector), que sea clara y de largo plazo. La planificación de los proyectos que se contemplen dentro del Plan Maestro de Electrificación requiere ser participativa y sustentada técnicamente. Por otro lado, mientras persistan las políticas de subsidios tanto para la energía eléctrica como para los combustibles fósiles y no se transparente el costo real de la energía eléctrica, los valores actuales asociados a la generación fotovoltaica no podrán ser competitivos en el mercado eléctrico nacional.

Contar con un mercado mayorista regulado puede percibirse como un obstáculo a nivel regulatorio sobre todo para la participación del sector privado. Los procesos altamente burocráticos y extensos para la construcción de un nuevo proyecto a gran escala, la falta de transparencia, así como la inseguridad jurídica y la incertidumbre sobre los precios de la energía, constituyen un escenario desalentador para los inversionistas. En cuanto a los proyectos de autoconsumo, a pesar de contar con normativa específica que define entre otros aspectos los tiempos de aprobación de trámites (que se han reducido desde su publicación), la falta de homologación que existe en los criterios de las diferentes empresas eléctricas del país se considera por las personas entrevistadas como otra de las barreras para impulsar la generación distribuida.

En el contexto económico, si bien los precios de la tecnología fotovoltaica a escala global han experimentado una tendencia a la disminución, en el mercado eléctrico ecuatoriano los precios de los sistemas fotovoltaicos son más altos que a nivel internacional (proporción 3:1). En este sentido, para una mayor promoción, se requiere a criterio de los entrevistados trabajar sobre incentivos tributarios para su inversión y distintos mecanismos para acceder a créditos de financiamiento.

A nivel técnico, a pesar de que la naturaleza intermitente de la fuente solar podría percibirse como una barrera para una masificación en su uso, es importante analizar su complementariedad sobre todo con la hidro que se ha institucionalizado fuertemente en el sector eléctrico. Finalmente, los expertos contactados coinciden que en el país se deben realizar mayores esfuerzos para aumentar la mano de obra especializada y fomentar la investigación y educación energética dado el desconocimiento general que se percibe en la población sobre ERNC.

Avanzar hacia una transición energética en el país, atendiendo los criterios de soberanía, seguridad y sustentabilidad, requiere de esfuerzos y coordinación entre los despachos de los distintos ministerios y trabajar en una agenda común que impulse aspectos comunes como es el caso de la electromovilidad (considerando que el sector de transporte es actualmente el mayor emisor de GEI a nivel local).

Profundizar el conocimiento sobre los obstáculos definidos para la energía fotovoltaica y otras fuentes de energía renovables no convencionales, resulta clave al momento de emprender una transición en el campo energético que además de atender las cuestiones energéticas debe responder a los problemas y desafíos ambientales, climáticos, sociales y económicos. El conocer las barreras que han limitado la promoción de este tipo de fuentes puede además convertirse en un insumo para diseñar la futura política energética en el país y los instrumentos que la acompañen incluyendo regulaciones, incentivos y otros mecanismos para aprovechar de manera más amplia el alto potencial con el que cuenta esta fuente a nivel local. El continuar garantizando la soberanía, seguridad y sustentabilidad de los sistemas eléctricos dependerá en gran medida de las decisiones que se tomen sobre la política, planificación y diversificación de la matriz eléctrica nacional, en la que no se pueden dejar de lado la incorporación de los escenarios climáticos actuales y futuros.

## Obras citadas

- Aklin, Michaël, y Johannes Urpelainen. 2018. *Renewables: The politics of a global energy transition*. Ciudad: MIT Press.
- Araujo, Alberto. “Los proyectos fotovoltaicos se estancaron”. *El Comercio*. 9 de febrero de 2014.  
<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/proyectos-fotovoltaicos-se-estancaron.html>.
- Banco Mundial. 2019. “Acceso a la electricidad (% de población)”. *Banco Mundial*.  
 Accedido 10 de agosto.  
[https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.ZS?end=2019&most\\_recent\\_value\\_desc=false&start=2019](https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.ZS?end=2019&most_recent_value_desc=false&start=2019).
- Battle, Carlos, y Luiz A. Barroso. 2011. “Review of support schemes for renewable energy sources in South America”. *Massachusetts Institute of Technology, Center for Energy and Environmental Policy Research* 1101.
- Bertinat, Pablo. 2016. “Transición energética justa: pensando la democratización energética”. *Friedrich-Ebert-Stiftung*. <https://tallerecologista.org.ar/wp-content/uploads/2019/02/Doc.-FES-2016.pdf>.
- BP. 2021. “Statistical Review of World Energy”. *BP*.  
<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>.
- Castillo, Tatiana, Fabio García, Luis Mosquera, Targelia Rivadeneira, Katherine Segura, y Marco Yujato. 2019. “Panorama energético de América Latina y el Caribe 2019”. *Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)*.  
<https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0433a.pdf>.
- Cevallos-Sierra, Jaime, y Jesús Ramos-Martin. 2018. “Spatial assessment of the potential of renewable energy: The case of Ecuador”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 81 (1):154-1165. doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.015
- Chen, Bin, Xiong Rui, Li Hailong, Sun Qie y Yang Jin. 2019. “Pathways for sustainable energy transition”. *Journal of Cleaner Production* 228: 1564-1571. doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.372
- Cherp, Aleh y Jessica Jewell. 2011. “The three perspectives on energy security: intellectual history, disciplinary roots and the potential for integration”. *Current*

- Opinion in Environmental Sustainability* 3 (4): 202-12. doi.org/10.1016/j.cosust.2011.07.001.
- Chester, Lynne. 2010. "Conceptualizing energy security and making explicit its polysemic nature". *Energy policy* 38 (2): 887-95. doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.039.
- Consejo Suramericano de Infraestructura y Planeamiento de UNASUR COSIPLAN. "Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana IIRSA 2000-2010". *Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana IIRSA*. Accedido 20 de septiembre. <https://www.iirsa.org/Page/Detail?menuItem=28>.
- EC Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. ARC. 2020. *Pliego Tarifario del Servicio Público de Energía Eléctrica 2020*. Quito: Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables
- EC Consejo Nacional de Electricidad CONELEC. 2007. *Plan Maestro de Electrificación 2007-2016*. Quito: Consejo Nacional de Electricidad.
- EC Consejo Nacional de Electricidad CONELEC. 2009. *Plan Maestro de Electrificación 2009-2020*. Quito: Consejo Nacional de Electricidad.
- EC Consejo Nacional de Electricidad CONELEC. 2013. *Plan Maestro de Electrificación 2013-2022*. Quito: Consejo Nacional de Electricidad.
- EC Consejo Nacional de Electricidad CONELEC. 2020. *Informe Anual 2020*. 2020. Quito: Consejo Nacional de Electricidad.
- EC Contraloría General del Estado. 2020. "Auditoría de gestión a la Refinería del Pacífico señala inversiones sin planificación que superan los USD 1.500 millones". *Contraloría General del Estado*. Accedido 3 de marzo. <https://www.contraloria.gob.ec/CentralMedios/SalaPrensa/RefineriaDelPacifico>.
- EC Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER). 2016. *Análisis de las oportunidades de I+D+i en Eficiencia Energética y Energías Renovables en Ecuador. Un enfoque desde el sector académico*. 2016. Quito: Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables.
- EC Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER). 2016. "Plan Maestro de Electricidad 2016-2025". *Ministerio de Electricidad y Energía Renovable*. <https://www.celec.gob.ec/hidroagoyan/images/PME%202016-2025.pdf>.

- EC Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (MERNNR). 2020. “Balance Energético Nacional 2020”. *Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables*. <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/5900-2/>.
- EC Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (MERNNR). 2019. “Plan Maestro de Electricidad 2018-2027”. *Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovable*. <https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/Plan-Maestro-de-Electricidad-2018-2027.pdf>.
- EC Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (MERNNR). 2020a. “El Aromo Proyecto, Proyecto Fotovoltaico”. *Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables*. Accedido 20 de febrero. <https://proyectos.energiayminas.gob.ec/aromo.php>.
- EC Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (MERNNR). 2020b. “Conolophus Proyecto Fotovoltaico”. *Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables*. Accedido 20 de febrero. <https://proyectos.energiayminas.gob.ec/conolophus.php>.
- EC Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (MERNNR). 2021. “Ministerio de Energía adjudica a la empresa privada la concesión del proyecto Conolophus en Galápagos”. *Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables*. 29 de agosto de 2021. <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/ministerio-de-energia-adjudica-a-la-empresa-privada-la-concesion-del-proyecto-conolophus-en-galapagos/>.
- EC Presidencia de la República. 2017. “Refinería del Pacífico estará lista el 2017”. Presidencia de la República. Accedido 3 de marzo de 2022. <https://www.presidencia.gob.ec/refineria-del-pacifico-estara-lista-el-2017/>.
- EC. 2008a. *Constitución de la República del Ecuador*. Registro Oficial 449, 20 de octubre.
- EC. 2008b. Mandato Constituyente No.15. Registro Oficial 223, 15 de abril de 2007.
- El Comercio. “En el sitio donde se iba a levantar la Refinería del Pacífico habrá un proyecto solar; el contrato se adjudicó”. *El Comercio*. 9 de diciembre de 2020. <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/espacio-refineria-pacifico-proyecto-solar.html>.
- Energy & Climate Intelligence Unit. 2021. “Net Zero Emissions Race 2021 Scorecard”. *Energy & Climate Intelligence Unit*. Accedido 10 de septiembre. <https://eciu.net/netzerotracker>.

- Energy Information Administration (EIA). 2021. "Renewable energy explained". *Energy Information Administration EIA*. Accedido 29 de agosto. <https://www.eia.gov/energyexplained/renewable-sources/>.
- Fornillo, Bruno Martín. 2017. "Hacia una definición de transición energética para Sudamérica: Antropoceno, geopolítica y posdesarrollo". *Prácticas de Oficio. Investigación y reflexión en Ciencias Sociales* 20: 46-53. <https://static.ides.org.ar/archivo/www/2012/04/5-FORNILLO.pdf>.
- Garlet, Tais Bisognin, Jose Luis Duarte Ribeiro, Fernando de Souza Savian, y Julio Cezar Mairesse Siluk. 2019. "Paths and barriers to the diffusion of distributed generation of photovoltaic energy in southern Brazil". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11: 157-69. doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.013.
- Geller, Howard S. 2003. *Energy Revolution: Policies for a Sustainable Future*. Washington, D.C.: Island Press.
- GlobalData. 2020. "Ecuador could achieve optimistic >400MW solar PV capacity by 2030, says GlobalData". *GlobalData*. 26 de noviembre de 2020. <https://www.globaldata.com/ecuador-achieve-optimistic-400mw-solar-pv-capacity-2030-says-globaldata/>.
- Guerra, Luis Esteban. 2020. "Procesos competitivos para el financiamiento de proyectos de energías renovables: Situación en América Latina y el Caribe". *Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)*. <http://extranet.olade.org/realc/documento.php?doc=274547>.
- Gunningham, Neil. 2013. "Managing the energy trilemma: The case of Indonesia". *Energy Policy* 54: 184-193. doi.org/10.1016/j.enpol.2012.11.018.
- Hu, Jing, Harmsen Robert, Crijns-Graus Wina, Worrell Ernst, y van den Broek Machteld. 2017. "Identifying barriers to large-scale integration of variable renewable electricity into the electricity market: A literature review of market design". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 81 (2): 2181-95. doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.028.
- International Energy Agency (IEA). 2018. "Data and statistics". *International Energy Agency*. Accedido 20 de agosto. <https://www.iea.org/data-and-statistics>
- International Energy Agency (IEA). 2019. "Energy security. Ensuring the uninterrupted availability of energy sources at an affordable price". *International Energy Agency*. Accedido 20 de agosto. <https://www.iea.org/areas-of-work/ensuring-energy-security>

- International Renewable Energy Agency (IRENA). 2019. “Future of Solar Photovoltaic: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects (A Global Energy Transformation: paper)”. *International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi*. [https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA\\_Future\\_of\\_Solar\\_PV\\_2019.pdf](https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_2019.pdf).
- International Renewable Energy Agency (IRENA). 2020 “Renewable Power Generation Costs in 2019”. *International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi*. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA\\_Power\\_Generation\\_Costs\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2019.pdf).
- Jara Alvear, José. 2018. “Solar photovoltaic potential to complement hydropower in Ecuador: A GIS-based framework of analysis”. Master Thesis in Geographical Information Science, Lund University. <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8962977&fileId=8962979>.
- Jones, Dave. “Global Electricity Review 2021: Global Trends”. *Ember*. <https://ember-climate.org/app/uploads/2021/03/Global-Electricity-Review-2021.pdf>.
- Karakaya, Emrah, y Sriwannawit Pranpreya. 2015. “Barriers to the adoption of photovoltaic systems: The state of the art”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 49: 60-6. doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.058.
- Keeley, Alexander Ryota y Ken'ichi Matsumoto. 2018. “Investors' perspective on determinants of foreign direct investment in wind and solar energy in developing economies—Review and expert opinions.” *Journal of cleaner production* 179: 132-42. doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.154.
- Kuhnert, Petra M, Tara G. Martin, y Shane P. Griffith. 2010. “A guide to eliciting and using expert knowledge in Bayesian ecological models 2010”. *Ecology letters*, 13 (7): 900-14. doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01477.x.
- Lahoud, Gustavo Omar. “Hacia la transición energética: soberanía y diversificación”. *Soberanía Energética*: 193-224. <https://opsur.org.ar/wp-content/uploads/2018/12/Libro-Soberania-energetica-WEB.pdf#page=193>.
- Lahoud, Gustavo Omar. 2005. “Una aproximación teórica a la soberanía energética e integración regional sudamericana”. Documento de trabajo, 31, IDISCO, Universidad del Salvador. <https://racimo.usal.edu.ar/2011/1/031.pdf>

- Laldjebaev, Murodbek, Benjamin K. Sovacool, y Karim -Aly S. Kassam. 2015. "Energy security, poverty, and sovereignty: complex interlinkages and compelling implications". En *International energy and poverty: The emerging contours*, editado por Lakshman Guruswamy y Elizabeth Neville, 97-112. New York: Routledge.
- Larrea, Carlos. 2012. "¿Es sustentable la política energética en el Ecuador?". UASB-Digital Repositorio Institucional del Organismo Académico de la Comunidad Andina, CAN. Accedido 5 de septiembre. <http://hdl.handle.net/10644/3036>.
- McGlade, Christophe, y Ekins Paul. 2015. "The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 C". *Nature* 517: 187-90. [doi.org/10.1038/nature14016](https://doi.org/10.1038/nature14016).
- Muñoz Vizhñay, Jorge, Marco Vinicio Rojas Moncayo, y Carlos Raúl Barreto Calle. 2018. "Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador". *Ingenius: Revista de Ciencia y Tecnología* 19: 60-8. [doi.org/10.17163/ings.n19.2018.06](https://doi.org/10.17163/ings.n19.2018.06).
- Nazmi, Nader. 2004. "Ecuador: fracaso de las reformas y colapso económico". *Antología Economía ecuatoriana FLACSO*: 171-83. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/47316.pdf>.
- Noba, Eduardo. 2013. "El sector energético en Suramérica. Evaluación, potencial e integración". *Friedrich-Ebert-Stiftung (FES)*. <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/10374-20131204.pdf>.
- OLADE. 2017. "Manual Estadística Energética 2017". *Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)*. <https://www.olade.org/publicaciones/manual-estadistica-energetica-2017/>.
- Our World in Data. 2020. "Global greenhouse emissions by sector". *Our World in Data*. Accedido 15 de agosto. <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>.
- Pacheco Mayra. 2021. "Ubicación incide en los costos de la central solar El Aromo". *El Comercio*. 13 de febrero de 2021. <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/ubicacion-costos-central-solar-aromo.html>.
- Paz y Miño, Juan. 2020. "Hágase la luz: La electricidad en el Ecuador". *Boletín del Taller de Historia Económica* 2 (4). <http://the.pazymino.com/benero.html>.
- Pazmiño Garzón, Denise Liliana, y Zoe Rodríguez Cotilla. 2017. "Análisis de los efectos del neoliberalismo y socialismo del siglo XXI en Ecuador". *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. <http://hdl.handle.net/20.500.11763/caribe1703neoliberalismo>.

- Ponce-Jara Marcos, Pelaez-Samaniego Manuel, Milton Moreano-Alvarado, Carlos Velázquez-Figueroa, y M. Castro. 2021. "An Assesment on Energy Policies and Challenges to Promote Solar PV in South America: The Ecuadorian Case". En *Ecuador Perspectives of the Past, Present and Future: A Multi-Criteria Approach to Social Evolution*, editado por Marco Ávila Calle y Guillermo Casado López, 137-78. New York: Nova Science Publishers.
- Ponce-Jara, M. A., M. Castro, M. R. Pelaez-Samaniego, J. L. Espinoza-Abad, y E. Ruiz. 2018. "Electricity sector in Ecuador: An overview of the 2007-017 decade". *Energy Policy*, 113: 513-22. doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.036.
- Reddy, Amuya K.N. 2000. "Energy and social issues". *World energy assessment 2*: 39-60. <http://web.mit.edu/D-Lab/Readings/energy2.pdf>.
- Rodríguez Padilla, Víctor. 2018. "Seguridad energética: análisis y evaluación del caso de México". *Sede Subregional de la CEPAL en México*.  
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/44366-seguridad-energetica-analisis-evaluacion-caso-mexico>.
- Rosero, Eduardo. 2021. "Grandes desafíos y oportunidades para el Gobierno de Guillermo Lasso para impulsar la transición energética en Ecuador". *Petroenergía*: 30-1. <https://online.fliphtml5.com/lpphv/gahb/index.html#p=6>.
- Schelly, Chelsea, Douglas Bessette, Kathleen Brosemer, Valoree Gagnon, Kristin L. Arola, Andrew Fiss, Joshua M. Pearce, y Kathleen E. Halvorsen. 2020. "Energy policy for energy sovereignty: Can policy tools enhance energy sovereignty?". *Solar Energy* 205: 109-12. doi.org/10.1016/j.solener.2020.05.056.
- Sierra, Natalia. "Los "gobiernos progresistas" de América Latina. La avanzada del pos-neoliberalismo". *Revista electrónica de derechos humanos Programa Andino de Derechos Humanos (PADH) Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador* 29. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/2800/1/RAA-29%20Natalia%20Sierra,%20Los%20gobiernos%20progresistas.pdf>.
- Smil, Vaclav. 2010. *Energy transitions: history, requirements, prospects*. Santa Bárbara California: ABC-CLIO.
- Solomon, Barry D. y Krishna Karthik. 2011. "The coming sustainable energy transition: History, strategies, and outlook". *Energy Policy* 39 (11): 7422-31. doi.org/10.1016/j.enpol.2011.09.009.
- Sovacool, Benjamin K. 2010. *The Routledge handbook of energy security*. London: Routledge.

- Sovacool, Benjamin. K., Andy Stirling, y Gordon MacKerron. 2020. "Differences in carbon emissions reduction between countries pursuing renewable electricity versus nuclear power". *Nature Energy* 5 (11): 928-35. doi.org/10.1038/s41560-020-00696-3.
- Thaler, Philipp, y Hofmann Benjamin. 2020. "The Impossible Energy Trinity: Energy Security, Sustainability, and Sovereignty in Cross-Border Electricity Systems". *Political Geography* 94: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2021.102579>.
- Tissot-Colle, Catherine, y Jean Jouzel. 2013. "La transition energetique: 2020-2050-un avenir a batir, une voie a tracer. *Avis du Conseil economique, social et environnemental*. <https://side.developpement-durable.gouv.fr/ACCIDR/doc/SYRACUSE/318470/la-transition-energetique-2020-2050-un-avenir-a-batir-une-voie-a-tracer>.
- Turco, Joaquín. 2018. "¿De qué hablamos cuando hablamos de soberanía energética?". *Soberanía Energética*: 225-44. <https://tallerecologista.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/Libro-Soberania-energetica-WEB.pdf#page=225>.
- United Nations Climate Change. 2021. "La Cumbre de líderes sobre el clima en el Día de la Tierra refuerza la ambición climática". *United Nations Climate Change*. 23 de abril de 2021. <https://unfccc.int/es/news/la-cumbre-de-lideres-sobre-el-clima-en-el-dia-de-la-tierra-refuerza-la-ambicion-climatica>.
- Vargas Gil, Gloria Milena, Rafael Bittencourt Aguiar Cunha, Silvio Giuseppe Di Santo, Renato Machado Monaro, Fabiano Fragoso Costa, y Alfeu J. Sguarezi Filho. 2020. "Photovoltaic energy in South America: Current state and grid regulation for large-scale and distributed photovoltaic systems". *Renewable Energy* 162: 1307-20. doi.org/10.1016/j.renene.2020.08.022.
- Vásquez Baca, Urphy, y Pedro Gamio Aita. 2018. "Energy transition with renewable energies for Energy Security in Peru: A climate resilient public policy proposal". *Espacio y Desarrollo* 31: 193-222. doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201801.008.
- Vásquez Revelo, Diego y Freddy Ordoñez. 2019. "Mapa solar del Ecuador 2019". *Scinergy EPN PIMI*. [https://www.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2020/04/MAPA\\_SOLAR\\_DEL\\_ECUADOR\\_final.pdf](https://www.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2020/04/MAPA_SOLAR_DEL_ECUADOR_final.pdf).
- Vera, Anthony, Ney Balderramo Vélez, Gabriel Mera, Eliecer Rodríguez Indarte, Lenin Dávila Cedeño, y Marcos Carrera. 2019. "Realidad actual del sector eléctrico ecuatoriano". *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y*

*Tecnología:* 6-10.

<https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/1939/2108>.

Verbong, Gert P. J., y Frank W. Geels. 2010. “Exploring sustainability transitions in the electricity sector with socio-technical pathways”. *Technological Forecasting and Social Change* 77 (8): 1214-21. doi.org/10.1016/j.techfore.2010.04.008.

Vinces-Pinargote, Yandris Eduardo, y Edward Vicente Gutiérrez-Navia. 2021. “Gestión de servicios de energía eléctrica: Un estudio de caso sobre empresas monopólicas en Ecuador”. *Dominio de las Ciencias* 7 (2): 195-218.

<https://www.dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1791/3578>.

<https://www.dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1791/3578>.

Viviescas, Cindy, Lucas Lima, Fabio A. Diuana, Eveline Vasquez, Camila Ludovique, Gabriela N. Silva, Vanessa Huback, Leticia Magalar, Alexandre Szklo, André F.P. Lucena, Roberto Schaeffer, Juan Roberto Paredes. 2019. “Contribution of Variable Renewable Energy to increase energy security in Latin America: Complementarity and climate change impacts on wind and solar resources”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*: 113.

doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.039.

Yergin, Daniel. 2006. “Ensuring energy security”. *Foreign affairs* 85: 69-82. <https://www.jstor.org/stable/20031912>.

Zubialde, Xabier. 2014. “Guía hacia la soberanía energética de Euskal Herria Diputación Foral de Gipuzkoa”. *Zazpiak Bat y Ayuntamiento de Donostia*. [https://fundacionsustrai.org/files/2014/10/Guia\\_hacia\\_la\\_soberania\\_energetica\\_de\\_Euskal\\_Herria-1.pdf](https://fundacionsustrai.org/files/2014/10/Guia_hacia_la_soberania_energetica_de_Euskal_Herria-1.pdf).



## Anexos

### Anexo 1: “Perfiles de los entrevistados”

Código	Perfil profesional
A1	Máster y PhD en Energías Renovables. Director de Investigación y docente universitario. Enfoque en políticas energéticas orientadas al impulso de energías renovables.
A2	Docente universitario. Máster y PhD en Energía renovable y electrificación rural con 20 años de experiencia a nivel nacional e internacional en energías renovables, investigación, sostenibilidad de proyectos, modelización, planificación energética, prospectiva de recursos. Experiencia en el sector público.
C1	Ingeniero en electrónica, automatización y control. Máster en energías renovables con más de 14 años de experiencia en temática energética en el sector público (Ministerio de Energía), privado e instituciones como el BID, Fundación Bariloche, OLADE.
G1	Ingeniero en Electromecánica con Diplomado en Redes Digitales Industriales y Máster en Ciencias de la Ingeniería mención en Ingeniería Eléctrica. Vinculado actualmente al sector público y ha ocupado cargos de especialista y director en temas asociados a la regulación del sector eléctrico. Cuenta con 15 años de experiencia en el sector eléctrico y experiencia en el ámbito docente y de consultoría.
G2	Ingeniero Electrónico, Máster en Energía y Ambiente, y postgrado en desarrollo energético sostenible. Ha realizado varios cursos en materia de energía renovable. Ha ocupado cargos como Subsecretario de Energías Renovables, Asesor Ministerial, Coordinador Técnico, Experiencia en Sector Regulatorio, Cambio climático y emisiones. Más de 30 años de experiencia el sector eléctrico.
P1	Ingeniero eléctrico, Maestría Ingeniería Eléctrica de Potencias, Maestría en Energías Renovables. Más de 30 años de experiencia en gestión de proyectos, sistemas con fuentes renovables aislados conectados a la red, instalaciones eléctricas (distribución, transmisión, generación y control). Experiencia en sector público, privado. Actual gerente general de empresa privada con soluciones enfocadas en energías renovables, eficiencia energética, ingeniería eléctrica, arquitectura sostenible, consultoría y capacitación
P2	Gerente general de empresa proveedora de servicios de tecnologías renovables, principalmente energía solar fotovoltaica. Más de 10 años de experiencia en proyectos de energía renovable
P3	Presidente en empresa de energías renovables. Máster en Administración de Empresas y Máster en Energías Renovables y Gestión de la Energía. Experiencia en desarrollo de proyectos de energía renovable

Fuente: Entrevistados. Elaboración propia

## Anexo 2: “Metas de neutralidad de carbono por países en el mundo”

Año meta	País			
<b>Alcanzado</b>	Bután	Surinam		
<b>2035</b>	Finlandia			
<b>2040</b>	Austria	Islandia		
<b>2045</b>	Alemania	Suecia		
<b>2050</b>	Afganistán	Ecuador	Lituania	Rep. Democrática del Congo
	Andorra	Eritrea	Luxemburgo	Rep. Dominicana
	Angola	Eslovaquia	Madagascar	Rep. Centroafricana
	Antigua y Barbuda	Eslovenia	Malawi	Ruanda
	Argentina	España	Maldivas	Rumania
	Armenia	Estados Unidos	Mali	Samoa
	Australia	Emiratos Árabes	Malasia	San Cristóbal y Nieves
	Bahamas	Estonia	Malta	San Vicente y las Granadinas
	Bangladesh	Etiopía	Mauricio	Santa Lucía
	Barbados	Fiyi	Mauritania	Santo Tomé y Príncipe
	Bélgica	Francia	México	Senegal
	Belice	Gambia	Micronesia	Israel
	Benín	Granada	Mónaco	Seychelles
	Brasil	Grecia	Mozambique	Sierra Leona
	Bulgaria	Guinea	Myanmar	Somalia
	Burkina Faso	Guinea-Bissau	Namibia	Sudáfrica
	Burundi	Guyana	Nauru	Sudán
	Cabo Verde	Haití	Nepal	Sudán del Sur
	Camboya	Hungría	Nicaragua	Suiza
	Canadá	Irlanda	Níger	Tanzania
	Chad	Islas Cook	Niue	Timor Oriental
	Chequia	Islas Marshall	Noruega	Togo
	Chile	Islas Salomón	Nueva Zelanda	Tonga
	Chipre	Italia	Países Bajos	Trinidad y Tobago
	Ciudad del Vaticano	Jamaica	Pakistán	Tuvalu
	Colombia	Japón	Palacio	Uganda
	Comoras	Kiribati	Panamá	Unión Europea
	Corea del Sur	Laos	Papúa Nueva Guinea	Uzbekistán
	Costa Rica	Lesoto	Perú	Uruguay
	Croacia	Letonia	Portugal	Vanuatu
Dinamarca	Líbano	Reino Unido	Yemen	
Dominica	Liberia	Tailandia	Yibuti	

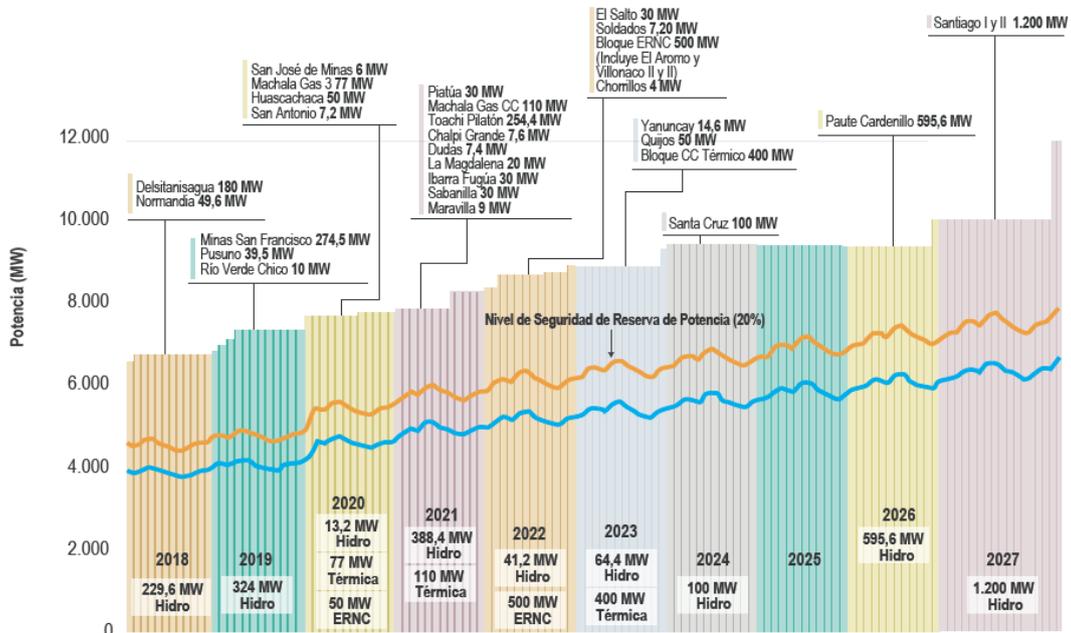
		Latvia	Vietnam	Zambia
<b>2053</b>	Turquía			
<b>2060</b>	Arabia Saudita	Indonesia	Sri Lanka	
	Bahréin	Kazajstán	Rusia	
	China	Nigeria	Ucrania	
<b>2070</b>	India			

	Ley
	Documento de Política
	Legislación propuesta
	En discusión

Fuente: Energy & Climate Intelligence Unit (2021). Elaboración propia.

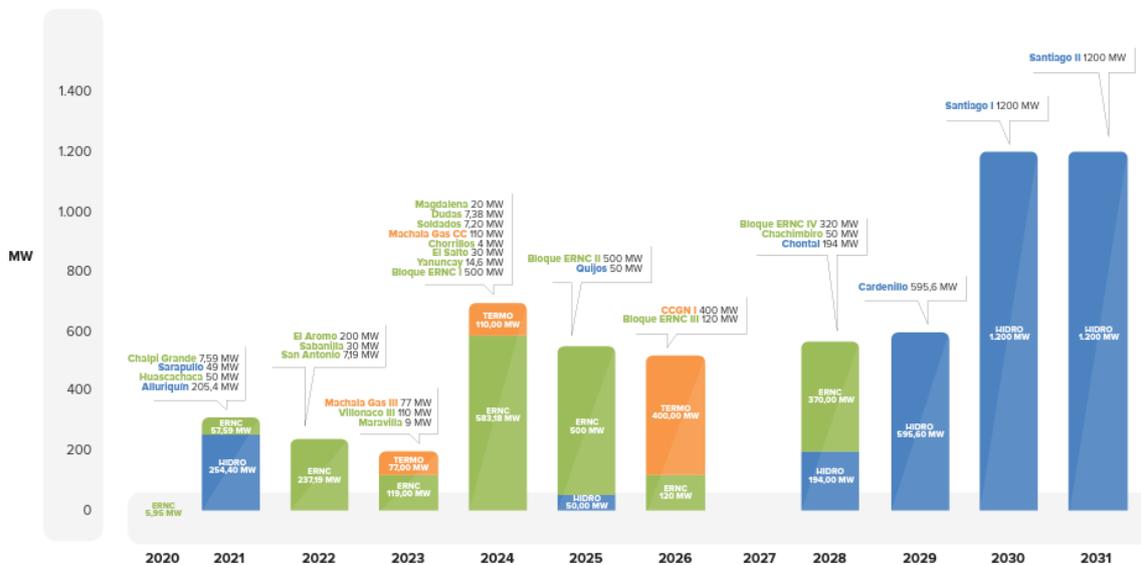
Anexo 3

Anexo 3A: “Secuencia de entrada de proyectos y curvas de demanda máxima de potencia del SNI, PEG 2018 -2027, Caso Base”



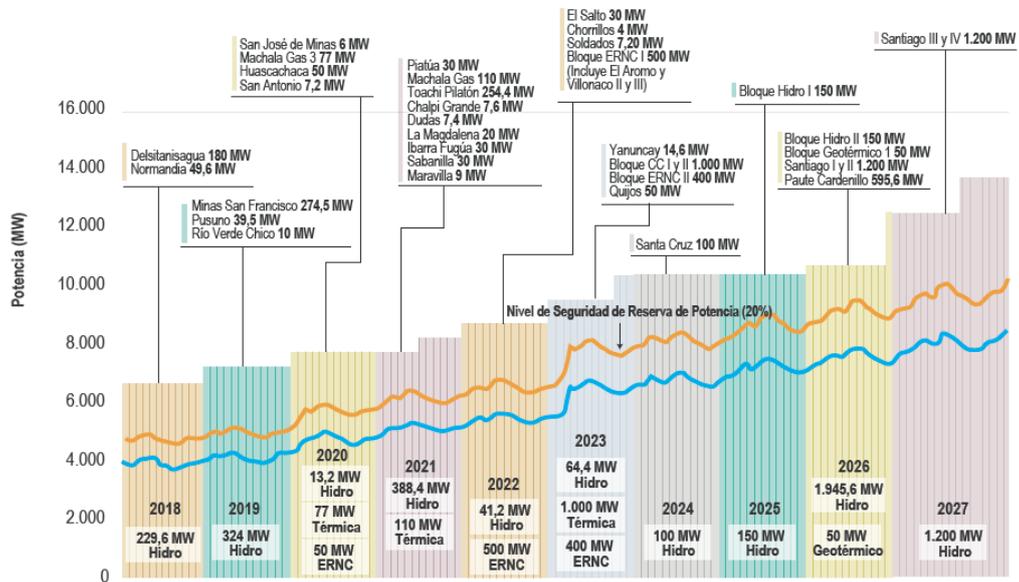
Fuente: EC MERNNR (2018)

Anexo 3B: “Secuencia de entrada de proyectos y curvas de demanda máxima de potencia del SNI, PEG – Actualización Caso Base”



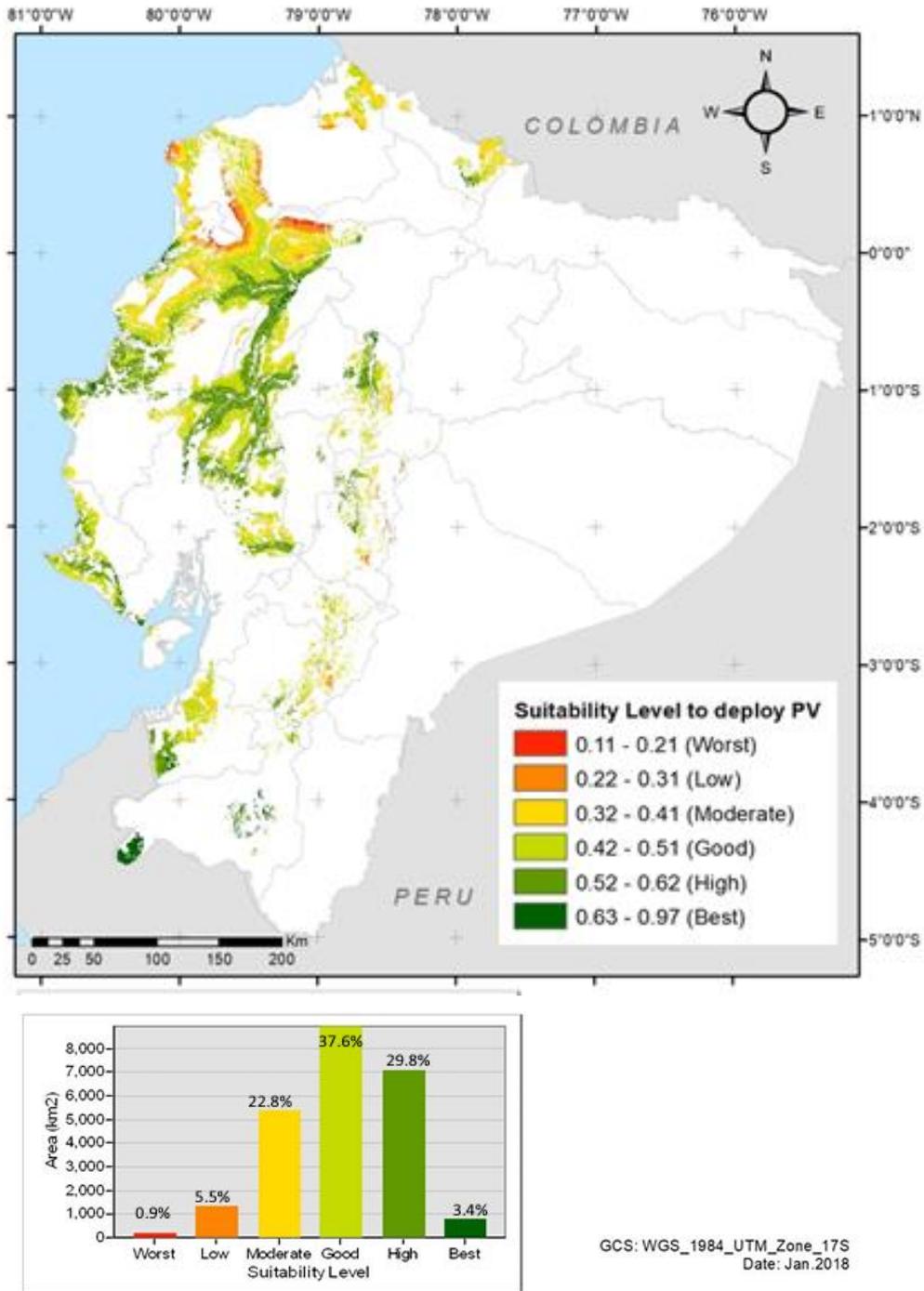
Fuente: EC MERNNR (2021)

**Anexo 4: “Secuencia de entrada de proyectos y curvas de demanda máxima de potencia del SNI, PEG 2018 – 2027, Caso Matriz Productiva”**



Fuente: EC MERNN (2018)

**Anexo 5: “Complementariedad entre la generación hídrica y solar en Ecuador”**



Fuente: Jara (2018)