

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/291356953>

Energía solar en el Ecuador

Chapter · December 2015

CITATIONS

3

READS

31,629

4 authors, including:



[Luis Urdiales F.](#)

Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C. A.

2 PUBLICATIONS 6 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Juan Leonardo Espinoza](#)

University of Cuenca

43 PUBLICATIONS 575 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR

SITUACIÓN ACTUAL, TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS



Organizado y editado por:

Manuel Raúl Peláez Samaniego, PhD.
Juan Leonardo Espinoza Abad, PhD.

ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR

**SITUACIÓN ACTUAL,
TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS**

Cuenca, Diciembre de 2015

© Universidad de Cuenca, 2015

Energías renovables en el Ecuador.
Situación actual, tendencias y perspectivas
Compiladores:

Manuel Raúl Peláez Samaniego, PhD.

Juan Leonardo Espinoza Abad, PhD.

Varios autores.

Primera edición, diciembre de 2015
300 ejemplares

ISBN: 978-9978-14-317-9
Derecho de Autor: CUE-002371

Impreso en Cuenca - Ecuador

Impresión:
Gráficas Hernández

Diseño y Diagramación:
Fabián Cordero / Gráficas Hernández

Edición, corrección de pruebas y revisión:
M. R. Peláez Samaniego, J. L. Espinoza Abad, M. García Renté

Nota:

El contenido de cada uno de los capítulos de este libro es de responsabilidad exclusiva de sus respectivos autores. En esta obra pueden aparecer marcas/nombres comerciales únicamente con fines ilustrativos. El uso de nombres comerciales no implica recomendación o aval de los autores para el uso de dichas marcas o productos.

Todos los derechos reservados. El contenido de este libro puede ser libremente reproducido total o parcialmente siempre que se cite la fuente.

/ Contenido

Sobre los organizadores/editores del libro	vii
Lista de autores y breve biografía	ix
Prefacio	xv
I. Políticas para la promoción de las energías renovables en el Ecuador	1
1.1 Introducción	1
1.2 Marco Teórico	3
1.2.1 Políticas Energéticas	4
1.2.2 Tipos de Políticas para el Incentivo de las ER	4
1.3 Políticas para el Incentivo de las ER en el Ecuador	8
1.3.1 Precio y Cantidad	14
1.3.2 Reducción de Costos	18
1.3.3 Inversión Pública	18
1.4 Indicadores de Penetración de las ER en el Ecuador	19
1.5 Perspectivas de las ER frente al Modelo Vigente en Ecuador	23
1.6 Conclusiones	25
1.7 Referencias y material de consulta	27
II. Estado de uso de la biomasa para la producción de bioenergía, biocombustibles y bioproductos en Ecuador	29
2.1 Introducción	29
2.2 Definición y tipos de biomasa	32
2.3 Tecnologías para la conversión de biomasa	34
2.3.1 Procesos termoquímicos	35
2.3.2 Procesos químicos y biológicos	48
2.4 Caracterización y pretratamiento de la biomasa	49
2.4.1 Experiencias sobre briquetado de biomasa en Ecuador	52
2.5 Fuentes de biomasa en Ecuador	53
2.5.1 Cascarilla de arroz	54
2.5.2 Residuos de la cosecha e industrialización de caña de azúcar	76
2.5.3 Palma de aceite	80
2.5.4 Residuos de la industria de la madera	83
2.5.5 Residuos del cultivo e industrialización del café	87
2.5.6 Residuos del cultivo e industrialización del cacao	88

2.5.7 Residuos de la cosecha de banano	90
2.5.8 Otros materiales lignocelulósicos agrícolas y no agrícolas	93
2.5.9 Otras fuentes de biomasa y biocombustibles	99
2.5.10 Experiencia ecuatoriana en el uso de biogás y biodigestores	101
2.6 Consideraciones finales	105
2.7 Referencias y material de consulta	107
III. Hidroelectricidad en Ecuador	116
3.1 Antecedentes	116
3.2 Conceptos principales	117
3.2.1 Características de la energía hidroeléctrica	117
3.2.2 Estudios y diseños de una central hidroeléctrica	118
3.3 Sistemas de producción de energía eléctrica a partir de energía hídrica	119
3.3.1 Centrales hidroeléctricas	119
3.3.2 Proceso de generación hidroeléctrica	121
3.4 Potencial hidroeléctrico en el Ecuador	124
3.4.1 Proyectos hidroeléctricos en el Ecuador	126
3.5 Abastecimiento de potencia y energía en el Ecuador	138
3.5.1 Potencia instalada y energía	140
3.6 Políticas de Estado y crecimiento de la demanda	146
3.7 Expansión de la generación	149
3.8 Márgenes de reserva	153
3.8.1 Márgenes de reserva históricos	153
3.8.2 Márgenes de reserva proyectados	153
3.9 Comentarios finales	154
3.10 Referencias y material de consulta	157
IV. Hidrógeno electrolítico: perspectivas de producción y uso en Ecuador	159
4.1 Introducción	159
4.2 Conceptos y estado de arte de producción y uso de hidrógeno	162
4.2.1 Métodos de producción de hidrógeno	162
4.2.2 Fundamentación teórica de la producción de hidrógeno por vía electrolítica	164
4.2.3 Aspectos generales de la tecnología de producción de hidrógeno por vía electrolítica	166
4.2.4 Costos de producción de hidrógeno	166
4.3 Equipos para el proceso de electrólisis: electrolizadores	167
4.4 Diagrama del proceso de electrólisis	170
4.5 Células a combustible	170
4.5.1 Funcionamiento	171
4.6 Uso vehicular de las células a combustible	172
4.6.1 Proyectos de demostración del uso de hidrógeno	

para el transporte colectivo	173
4.7 Usos del hidrógeno	174
4.7.1 Uso del hidrógeno como materia prima	174
4.7.2 Uso del hidrógeno para el hidro-tratamiento en las refinerías	177
4.7.3 Uso del hidrógeno como combustible	177
4.7.4 Hidrógeno como refrigerante	177
4.8 Métodos de transporte y distribución de hidrógeno	178
4.9 Generación Distribuida y Cogeneración	179
4.10 El oxígeno como subproducto	180
4.11 Uso óptimo del agua en plantas hidroeléctricas: energía vertida turbinable	180
4.12 Estudio de pre factibilidad de producción de hidrógeno electrolítico en la Unidad de Negocio Hidropaute	181
4.12.1 La Unidad de Negocio Hidropaute: características operacionales	181
4.12.2 Caudales históricos, energía generada y energía no generada	182
4.12.3 Potencial energético para producir hidrógeno	183
4.12.4 Dimensionamiento de la planta de electrólisis	184
4.12.5 Análisis del costo de producción de hidrógeno electrolítico	185
4.13 Alternativas de uso de hidrógeno electrolítico en Ecuador	186
4.13.1 Uso como materia prima para producir amoníaco: Producción de hidrógeno en Guayaquil	187
4.13.2 Empleo en refinerías para el proceso de hidrotratamiento de petróleo pesado	188
4.13.3 Uso del hidrógeno para generar energía eléctrica en sistemas de cogeneración	190
4.13.4 Utilización de hidrógeno en buses con células a combustible	190
4.14 Análisis de prefactibilidad del uso de hidrógeno en buses de servicio urbano en Cuenca	191
4.14.1 El sistema de transporte urbano de la ciudad de Cuenca	191
4.15 Generación de energía eléctrica usando hidrógeno	199
4.15.1 Dimensionamiento de la planta de generación eléctrica	200
4.15.2 Análisis económico del uso del hidrógeno para la generación de energía eléctrica	201
4.16 Implicaciones socio-ambientales del proyecto de producción y uso de hidrógeno	202
4.17 Aspectos relacionados con la creación de una planta piloto	203
4.18 Consideraciones finales sobre este capítulo	205
4.19 Referencias y material de consulta	207

V. Eficiencia energética y ahorro de energía en el Ecuador	212
5.1 Introducción	212
5.1.1 Cómo medir la eficiencia energética	215
5.2 Intensidad energética	216
5.2.1 Intensidad energética en América Latina y el Caribe	217
5.3 Indicadores de oferta y demanda de energía en Ecuador	219
5.4 Oferta de energía primaria en Ecuador	220
5.5 El consumo sectorial de energía	222
5.5.1 Derivados de petróleo y GLP	225
5.5.2 Electricidad	227
5.5.3 Usos finales de la Electricidad en el Sector Residencial y Comercial	229
5.6 Políticas y programas enfocados en la eficiencia energética del sector eléctrico ecuatoriano	233
5.6.1 Programa de "focos ahorradores"	234
5.6.2 Programa Renova (Refrigeradoras eficientes)	235
5.6.3 Programa de Cocinas de Inducción	237
5.6.4 Eficiencia Energética en el Sector Industrial	238
5.6.5 Alumbrado Público Eficiente	239
5.6.6 Vehículos híbridos y vehículos eléctricos	241
5.7 Nuevo esquema tarifario	243
5.8 La importancia de la investigación	244
5.9 Del SEP tradicional a las redes (eficientes) del futuro	245
5.9.1 ¿Qué es una red inteligente?	247
5.9.2 Justificación de las redes inteligentes y algunos avances en el mundo	248
5.9.3 Redes Inteligentes en el Ecuador	250
5.10 Conclusiones	252
5.11 Referencias y material de consulta	254
VI. Energía Eólica en Ecuador	259
6.1 Introducción	259
6.1.1 Aire. Atmósfera	259
6.2 Definiciones sobre el viento	262
6.3 Formación del Viento. Tipo de Vientos	274
6.4 Energía del viento	289
6.5 Identificación de sitios eólicos	294
6.5.1 Sugerencias y normas para la medición de sitios eólicos	299
6.6 Tecnología de la energía eólica	302
6.6.1 Historia	302
6.6.2 Aerogeneradores modernos	307
6.7 Principio de funcionamiento de un aerogenerador	309
6.8 Caracterización de aerogeneradores	311
6.9 Consideraciones sobre operación de aerogeneradores	318
6.10 Aprovechamiento del recurso eólico	320

6.10.1 Potencial eólico en el Ecuador	320
6.10.2 Frecuencia de distribución de la velocidad del viento	321
6.10.3 Cálculo de la energía eólica	322
6.11 Conclusiones	329
6.12 Referencias y material de consulta	329
VII. Energía Solar en el Ecuador	330
7.1 Introducción	330
7.3 Energía Solar Pasiva	334
7.4 Energía Solar Térmica Activa	335
7.4.1 Energía Solar Térmica de Baja Temperatura	335
7.4.2 Energía Solar Térmica de Media Temperatura	336
7.4.3 Energía Solar Térmica de Alta Temperatura	337
7.5 Energía Solar Fotovoltaica	339
7.5.1 Conversión Fotovoltaica	339
7.5.2 Parámetros que definen el funcionamiento de una célula fotovoltaica	339
7.5.3 Tipos de células fotovoltaicas	332
7.5.4 Componentes de un sistema fotovoltaico	345
7.5.5 Requisitos ambientales	359
7.5.6 Orientación de los paneles y análisis de sombras	360
7.5.7 Potencial Solar en el Ecuador	360
7.5.8 Experiencias en electrificación rural con SFV en el Ecuador	363
7.5.9 Método de cálculo básico de un sistema fotovoltaico doméstico	371
7.6 Posible integración de energía solar con energía hidráulica para la generación de electricidad	373
7.6.1 Funcionamiento de los hidroseguidores	374
7.6.2 Central solar con hidroseguidores	379
7.6.3 Importancia de los hidroseguidores	380
7.7 Conclusiones	381
7.8 Referencias y material de consulta	382
VIII. Estado de la exploración de la energía geotérmica en Ecuador	384
8.1 Introducción	384
8.1.1 Sistemas Geotérmicos	385
8.1.2 Estado actual del uso de geotermia a nivel mundial	387
8.2 Conceptos y definiciones	389
8.2.1 Modelo geotérmico conceptual	389
8.2.2 Utilización de fluidos geotérmicos para la generación de energía eléctrica	390
8.2.3 Costos de instalación de centrales geo-termoeléctricas	392

8.3 Aspectos históricos de la exploración de energía geotérmica en Ecuador	393
8.4 La energía geotérmica en Ecuador	396
8.4.1 Ambiente geológico	396
8.4.2 Descripción de las áreas geotérmicas con mayor potencial	396
8.4.3 Potencial geotérmico y futuro de la explotación de los sistemas geotérmicos en Ecuador	401
8.5 Consideraciones finales	403
8.6 Referencias y material de consulta	405

/ Sobre los organizadores/editores del libro

Manuel Raúl Peláez Samaniego es Ingeniero Mecánico (Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, 1996), Master en Planeamiento de Sistemas Energéticos (UNICAMP, Campinas, SP, Brasil, 2007) y Ph.D. in Biological and Agricultural Engineering (Washington State University–WSU, Pullman, WA, USA, 2014). Posee, además, postdoctorado relacionado con Biomasa, Bioenergía y Bioproductos, también en WSU (2014-2015) y ha realizado estancia de investigación en el PNNL (Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA, 2013). Ha sido consultor en temas energéticos para el MEER e Hidropaute (2008-2009). Se ha desempeñado como Gerente de Producción en Indalum S.A. (Cuenca-Ecuador, 1996-2005), ha sido profesor en la Universidad Politécnica Salesiana (Cuenca-Ecuador, 1996-2001) y ha dictado cursos en varios programas de postgrado en Ecuador, relacionados con Eficiencia y Ahorro de Energía, Combustibles Oxigenados y Gestión de Energía. Actualmente es Profesor Principal en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca. El Dr. Peláez-Samaniego ha sido becario del IECE para realizar estudios de pregrado en Cuba (1991-1996), primer ecuatoriano becario del Global Sustainable Electricity Partnership (anteriormente conocido como e8 Group) para realizar estudios de maestría en Brasil, y becario Fulbright y de WSU para realizar estudios de doctorado. Ha publicado hasta la fecha alrededor de veinticinco artículos científicos relacionados con la producción y uso de bioenergía y bioproductos en varias revistas científicas (por ejemplo Renewable and Sustainable Energy Reviews, Energy, Biomass and Bioenergy, Energy Policy, Energy for Sustainable Development, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, Holzforschung, Wood Science and Technology, Applied Thermal Engineering). Es reviewer de varias revistas científicas nacionales e internacionales en el área de energía y bioproductos. Además, ha presentado más de una docena de trabajos relacionados con energía y uso de biomasa lignocelulósica para la producción de energía y bioproductos en eventos científicos en Brasil, Colombia, Cuba, Ecuador, India y Estados Unidos y ha sido coautor de dos libros publicados en Brasil.

Juan Leonardo Espinoza Abad es Ingeniero Eléctrico (Universidad de Cuenca, Ecuador, 1993), Máster en Energía y Ambiente (1999) del Programa conjunto entre la Universidad de Calgary y la OLADE, y Ph.D. con doble especialidad en Desarrollo Sustentable/Gestión Ambiental y Estrategia (Universidad de Calgary, Canadá, 2005). Actualmente es Profesor Principal en la Facultad de Ingeniería, Universidad de Cuenca. Ha sido además Director del Centro de Postgrados de dicha Facultad. Trabajó como docente y como Director (E) de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca. Ha dictado cursos de post-grado, sobre Energía, Gestión Ambiental y Estrategia en la OLADE, Universidad de Calgary, Universidad de Cuenca, PUCE-Quito y USFQ. Ha trabajado también como consultor técnico. En el año 2000 desarrolló un proyecto piloto de electrificación con energía solar fotovoltaica en la región amazónica. Fue Director Ejecutivo de la Comisión de Gestión Ambiental (CGA) de la I. Municipalidad de Cuenca (2005-2009). De agosto a diciembre de 2009, fue Subsecretario de Energía Renovable y Eficiencia Energética en el Ministerio de Electricidad del Ecuador–MEER. En el 2010 colaboró en la Unidad de Gestión Ambiental de la empresa pública CELEC E.P.-Hidropaute, donde fue su Gerente entre febrero de 2011 y junio de 2013. Tiene varias publicaciones a nivel internacional y sus trabajos de investigación han sido presentados en eventos académicos en varios países de América y Europa. Sus temas de investigación incluyen: energías renovables, eficiencia energética, gestión ambiental y desarrollo sostenible.

Lista de autores y breve biografía

Alfredo Barriga R. es Ingeniero Mecánico (ESPOL, 1974), Ph.D. (Washington State University, 1978). Estadías Postdoctorales en Pennsylvania State University (1978), Ohio State University (1979). Profesor de la ESPOL desde 1980, donde ha sido Coordinador de Investigación Científica, Decano de Facultad y Vicerrector General. Fue Investigador Asociado en el Instituto de Energía Beijer de Suecia (1987-88), Profesor Visitante en la Universidad Von Humboldt, Berlin, 1994 y de Calgary, 1998, y Profesor Invitado en el Worcester Polytechnic Institute, 2006. Fue Coordinador de la Red Latinoamericana de Dendroenergía (FAO) 1990-95, y presidió la Comisión de Investigación Técnica de Investigación del Consejo de Universidades (1995-98). Ha sido profesor en la Maestría de Sostenibilidad Energética (Programa OLADE-Universidad de Calgary, 1998-2006) y en programas de Posgrado de Universidad San Francisco, ESPE, ESPOCH y ESPOL. Fue Subsecretario de Calidad Ambiental 2000-2002. Ha ejecutado los proyectos Estudio de Impacto Ambiental del Uso de Gasolina Aumentada con Etanol (2008-2009), Uso eficiente de leña en ladrilleras artesanales de Ecuador y Perú (1998-2000), Estudio del uso de biogás para eliminación térmica de lixiviado de relleno sanitario (2003-14), Cogeneración para Autoabastecimiento de electricidad a partir de residuos de biomasa en agroindustrias del Ecuador (2014-15). Fue Asesor Técnico del proyecto de Evaluación y aprovechamiento de metano fugitivo en pozos petroleros, ESPOL-EPA (2008-2010). Ha presentado artículos en eventos nacionales e internacionales, así como reportes técnicos relativos al área de Sistemas Energéticos, Desarrollo Tecnológico y áreas conexas. Es además consultor en áreas de Energía e Impacto Ambiental.

Andrés Montero Izquierdo es Ingeniero Mecánico (Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador), MBA en Empresas Eléctricas de la Universidad Antonio de Nebrija (Madrid, España), Especialista en Energías Renovables de la Universitat Rovira i Virgili (Tarragona, España) y Doctor en Tecnologías de Climatización y Eficiencia Energética en Edificios de la Universitat Rovira i Virgili (Tarragona, España). El Dr. Montero ha realizado una estancia investigadora en el Centro Aeroespacial Alemán-DLR (Stuttgart, Alemania). Posteriormente trabajó en el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables-INER (Quito, Ecuador) como Coordinador General Técnico, donde estuvo a cargo de la coordinación y dirección de más de 15 proyectos de investigación. Su campo de investigación se centra en la energía solar y la eficiencia energética en edificaciones. Actualmente labora como investigador en la Universidad Regional Amazónica IKIAM.

Antonio Barragán Escandón es Ingeniero Eléctrico (Universidad de Cuenca, Ecuador, 2002), Master en Energías Renovables (Universidad de León, España, 2010), Master en Sistemas Eléctricos de Potencia (Universidad Cuenca, Ecuador, 2012), Especialista en Tecnología y Gestión Ambiental (Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2005). Actualmente es profesor de la Universidad Politécnica Salesiana en las Carreras de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Ambiental. Es además Consultor Ambiental calificado por el Ministerio del Ambiente, para realizar evaluaciones ambientales en el sector eléctrico. Sus temas de investigación incluyen el análisis de las políticas para el incentivo de las energías renovables y el desarrollo energético sostenible. El Ing. Barragán ha publicado 6 artículos científicos, 12 artículos de divulgación en diferentes medios (Revista Dyna de Colombia, Revista Energía de Ecuador, Revista Maskana de Ecuador, IQREPO de España), ha formado parte de equipos de investigación como director o investigador; ha sido además becario de Fundación Carolina (España) para realizar sus estudios de Maestría.

Eduardo Aguilera Ortiz es Ingeniero Geólogo (Universidad Central del Ecuador, 1973). Ha realizado estudios de especialización en Ingeniería Geológica, en la Universidad de Florida (USA) y sobre Geotermia, en el Instituto Internacional de Investigaciones Geotérmicas de Pisa, Italia. Su experiencia profesional se inició con el diseño de ingeniería de las Fases A y B del Proyecto Hidroeléctrico Paute y del Sistema Nacional de Transmisión (230 kV). Entre 1979 y 1983, como Jefe del Proyecto Geotérmico de INECEL, organizó y lideró la realización del Estudio de Reconocimiento Geotérmico Nacional del Ecuador y los estudios geocientíficos de prefactibilidad en las áreas de Tufiño y Chalupas. Estuvo vinculado a la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), como Experto del Programa Regional de Geotermia (1983-1986) en el que tuvo a su cargo la formulación y seguimiento de proyectos de exploración geotérmica, en las fases de reconocimiento y prefactibilidad en Colombia, Ecuador, Guatemala, Haití y Panamá, y de factibilidad en Nicaragua y El Salvador. Fue consultor del PNUD en los estudios de Prefactibilidad Geotérmica del área de Menengai-Bogoria, Kenya (1986). Se desempeñó como consultor principal de CEPAL en el Proyecto "Aprovechamiento de los Recursos Geotérmicos en América Latina y El Caribe" y en el estudio "Geotermia en el Ecuador: Una Hoja de Ruta para el Desarrollo Sustentable". Entre 1999 y 2002 dirigió el proyecto "Caracterización de los Acuíferos Hidrotermales del Ecuador", auspiciado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA). Dirigió el Proyecto "Investigación para la Utilización de la Energía Geotérmica en Chachimbiro, Imbabura", auspiciado por la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT (2008-2010)). Como consultor principal de la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA), entre 2011 y 2013 tuvo a su cargo el Proyecto "Desarrollo de la Energía Geotérmica en los Países Andinos; Bolivia, Colombia y Ecuador".

Esteban Alborno Vintimilla es Ingeniero Eléctrico graduado en la Universidad de Cuenca (1992) y Doctor en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de San Juan–Argentina (2007). Es profesor titular en la Facultad de Ingeniería, Universidad de Cuenca. Fue docente en la Universidad Politécnica Salesiana (UPS), donde también ejerció el cargo de Subdecano de la Facultad de Ciencias Eléctricas. Presidente del Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Ecuador 2006-2007. Desde el 2009 preside la Comisión de Integración Energética Regional capítulo Ecuador (ECUACIER). Desde 1994 ocupó varios cargos en la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, llegando a ser Director de Planificación. Asesor del Directorio de Hidropaute S.A. y luego Presidente Ejecutivo; Gerente General de la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC). Subsecretario de Electrificación del Ministerio de Energía y Minas. Actualmente es Ministro de Electricidad y Energía Renovable.

Flavio D. Mayer es graduado en Ingeniería Química por la Universidad Federal de Santa María, Río Grande del Sur, Brasil (2006), posee maestría en Ingeniería de Producción (2009) y Doctorado en Ingeniería Química por la misma universidad. El Dr. Mayer cuenta con experiencia en el área de Ingeniería Química, con énfasis en Energías Renovables. Actúa principalmente en los temas de biomasa, evaluación de viabilidad económica de proyectos de energía renovable, producción de electricidad usando biomasa, así como destilación de etanol combustible. Actualmente es profesor adjunto del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Federal de Santa María, donde dicta cursos en dicho departamento y en el programa de Especialización en Eficiencia Energética.

Francisco Eugenio Vásquez Calero recibió los títulos de Ingeniero Eléctrico y Programador de Computadores en la Universidad de Cuenca, Ecuador. Es Máster en Técnicas de Energías Renovables en la Ingeniería, Arquitectura y Agricultura de la Universidad Internacional de Andalucía. Actualmente es Docente de la Universidad de Cuenca y de la Universidad del Azuay, donde se ha desempeñado como Director de la Escuela de Ingeniería Electrónica. Ha sido docente en varios programas de maestría relacionados con gestión tecnológica y de energía en Ecuador, Perú y España. Ha trabajado en diversos proyectos de aplicación de las energías renovables, particularmente en el sector rural ecuatoriano. El Ing. Vásquez ha sido además conferencista dentro y fuera del país en temas relacionados con energía solar. Fue además ganador del Primer Premio en el Concurso Internacional "Desarrollo local en Andalucía y América Latina", Fundación Pablo de Olavide, Sevilla-España, Enero del 2002, con el proyecto "Electrificación Fotovoltaica para la Comunidad de Tuutin Entza".

Gustavo Arturo Riveros Godoy es graduado en Bioquímica por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Asunción (Paraguay) (2004), especializado en el área de Evaluación y Gestión de Impactos Ambientales en la misma Universidad. M.Sc. en Planificación de Sistemas de Energía (Área de Concentración: Tecnología del Hidrógeno) por la UNICAMP (Universidad Estadual de Campinas), Brasil. Doctor (Ph.D.) por la misma universidad, con la Tesis: Hydrogen highway Brazil-Paraguay: technical, economic and environmental analysis. Especializado en Termo-economía en la Universidad de Génova, Italia (2013). Actualmente coordina el Núcleo de Eficiencia Energética del Centro de Innovación en Automatización y Control del Parque Tecnológico ITAIPU.

Jaime Martí Herrero es licenciado en Ciencias Físicas (ULL, España, 2000) y Doctor en Ciencias Físicas en 2006 (UNED, España) trabajando en el Centro de Investigaciones Energéticas, Medio Ambientales y Tecnológicas (CIEMAT, España). Desde 2008 es investigador del Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE, España). Desde 2001 ha participado en el diseño e instalación de más de 1000 biodigestores, desde la escala doméstica a la industrial, adaptando tecnologías sencillas a climas fríos. Ha trabajado en toda Latino América (especialmente en la región andina) vinculado a la investigación, desarrollo e implementación de biodigestores como tecnología apropiada. Tiene varias publicaciones científicas sobre biodigestores y ha publicado dos libros. Ha participado en la elaboración de los Programas Nacionales de Biodigestores de Bolivia y Perú, que asesora en la actualidad. Desde 2014 realiza una estancia en el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER, Ecuador) a través de una beca del programa PROMETEO.

Jesús A. García Nuñez Ingeniero Sanitario de la Universidad del Valle (Cali, Colombia), Master of Science de la Universidad de Georgia, Athens (Georgia, USA), Ph.D in Biological and Agricultural Engineering de la Washington State University (WSU), Pullman, WA, USA, 2015. Ha laborado más de 20 años en el Centro de Investigación en Palma de Aceite, CENIPALMA, en Colombia en donde ha impactado en investigación aplicada en temas como tratamiento de los efluentes de las plantas de beneficio, mejoramiento de los procesos de extracción en palma de aceite, pruebas en ruta para estudiar la factibilidad del uso de biodiesel de palma en flotas de transporte masivo y de carga, análisis de ciclo de vida del biodiesel en Colombia, y más recientemente su investigación se ha enfocado en la búsqueda de opciones para convertir una planta de beneficio del fruto de la palma de aceite en una bio- refinería mediante el aprovechamiento integral de la biomasa residual.

José Jara Alvear es Ingeniero Eléctrico (Universidad Politécnica Salesiana-Cuenca, 2003) Máster en Energías Renovables (Universidad de Zaragoza, España, 2005) y actualmente candidato a PhD en el Centro de Investigaciones para el Desarrollo ZEF (Universidad de Bonn, Alemania, 2015). Ha participado en la puesta en marcha y operación de los parques eólicos del Ecuador en las islas Galápagos, y Villonaco, en Loja. Es además consultor y recientemente ha construido el primer barco solar del Ecuador (SOLARIS, Galápagos). Sus temas de investigación incluyen el uso de energías renovables en sitios aislados, eficiencia energética, movilidad eléctrica y sistemas de información geográficos.

Juan Chávez Cárdenas recibió el título de Ingeniero Eléctrico en la Facultad de Ingeniería, Universidad de Cuenca, Ecuador, en 1998. Es además Máster en Administración de Negocios del Sector Eléctrico (Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2014). Actualmente es Subgerente de Producción en la Unidad de Negocio Hidropaute de la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, a cargo de las centrales hidroeléctricas Mazar, Molino y, próximamente, Sopladora.

Luis Eduardo Urdiales Flores es Ingeniero Eléctrico (Universidad de Cuenca, Ecuador, 2002), Máster en Sistemas Eléctricos de Potencia (Universidad de Cuenca, Ecuador, 2015). Actualmente es Director en Morona Santiago de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C. A., y está a cargo de la Unidad de Energías Renovables. Ha trabajado en el Proyecto Yantsa ii Etsari (2010 - 2015) que lleva adelante la misma empresa.

Manuel García Pérez es Ingeniero Químico (Universidad de Oriente, Santiago de Cuba), Master en Ingeniería de Procesos (Universidad de Oriente), Master en Ingeniería Química (Laval University, Québec, Canadá) y Ph.D. en Ingeniería Química (Laval University, Québec, Canadá). El Dr. García-Pérez ha realizado postdoctorados en la University of Georgia (Estados Unidos) y en la Monash University (Melbourne, Australia). Actualmente labora como Associate Professor en Washington State University, Pullman, WA, USA. Ha publicado más de 60 artículos en revistas científicas de alto impacto y varios capítulos de libros en temas relacionados con el uso de biomasa para la producción de energía y en los conceptos que sustentan la pirólisis de la biomasa. Posee varias patentes en la misma temática. Ha sido conferencista invitado en más de 50 eventos científicos en Italia, Colombia, Ecuador, Estados Unidos, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, China, Holanda, India, entre otros países. El Dr. García-Pérez es editor asociado de la revista Biomass and Bioenergy.

Manuel García Renté es graduado de Ingeniero Electricista en Control Automático, Universidad de Oriente, Cuba (1970), Doctor en Ciencias Técnicas (Cuba, 1995). Cursó un Postgrado en Matemática Estadística en San Petersburgo, Rusia en 1987. Ha sido profesor de Matemática, Instrumentación, Teoría de Control y Metodología de la Investigación de los Departamentos de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Oriente y del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMM) hasta 2008, diseñador, coordinador y profesor de la Maestría de Electromecánica, y profesor del Doctorado Curricular de Electromecánica en Cuba y Venezuela. Ha dirigido más de 100 Trabajos de Diploma (pregrado en Ingeniería) y varios Proyectos de Investigación. Ha sido Profesor Invitado de Teoría de Control de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en 1997. Desde 2009 labora como profesor en la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Cuenca, Ecuador. Ha sido Profesor Invitado en maestrías en la Universidad Politécnica Salesiana (Cuenca) y en la Universidad Nacional de Loja. Ha sido además Coordinador y Profesor de la Maestría de Gestión y Planificación Energética de la Universidad de Cuenca. Autor de

Patente de Invención por "Método y Dispositivo del Tiempo de Residencia" en 1990. Autor de un Hidromotor Solar que permite el seguimiento sincrónico del Sol con Fotocaptadores.

Paúl Martínez Mosquera es Ingeniero Eléctrico (Universidad de Cuenca, Ecuador, 1997), posee una Maestría en Gestión Tecnológica (Universidad de Cuenca, 2010) y un Diplomado en Auditorías Ambientales (Universidad de Cuenca, 2003). Ha trabajado como Gerente del Proyecto Unidades Educativas del Milenio del Ministerio de Educación del Ecuador (2011-2012), Director Ejecutivo de la Unidad Educativa CEDFI, Gerente de Electrónica Control y Sistemas Cia. Ltda., y como consultor técnico en el sector privado. Actualmente trabaja como Especialista Ambiental en CELEC EP- Hidropaute.

Paúl Urgilés Buestán es Ingeniero Civil (Universidad de Cuenca, Ecuador, 2001), Máster en Gestión de Proyectos (Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, 2007), Máster en Gestión Ambiental (Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador, 2011) y Project Management Profesional-PMP Certificado (2013). Actualmente es Gerente de la Unidad de Negocio Hidroazogues, perteneciente a la Corporación Eléctrica del Ecuador – CELEC E.P.

Pedro Espinoza Hernández es Ingeniero Civil (Universidad de Cuenca, Ecuador, 2009), Especialista en Estructuras (Universidad de Cuenca, Ecuador, 2015). Actualmente labora como analista técnico en la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP-HIDROPAUTE).

Santiago Torres Contreras se graduó de Ingeniero Eléctrico en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca (1998). El título de Doctor en Ingeniería lo recibió del Instituto de Energía Eléctrica de la Universidad Nacional de San Juan, en Argentina, en el año 2007. Desde el año 2010 al 2013 el Dr. Torres trabajó como miembro Postdoctoral del Departamento de Sistemas de Energía de la Universidad de Campinas (UNICAMP), en el Estado de São Paulo- Brasil. El Dr. Torres también realizó una estancia como investigador visitante en la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Computación de la Universidad de Cornell en Estados Unidos en el año 2011. Actualmente se desempeña como Profesor Asistente en la Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Cuenca en Ecuador. Los intereses de investigación son la planificación y operación de sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica, la inteligencia computacional y optimización aplicada a redes inteligentes de energía eléctrica, y los sistemas de energía eléctrica renovable.

Stalin Vaca Cordero es Ingeniero Eléctrico (Universidad de Cuenca, Ecuador, 2000). Tiene un Master Europeo en Energías Renovables por la Universidad de Zaragoza (España, 2007). Ha trabajado en los diferentes componentes de los sistemas de energía eléctrica: distribución, transmisión y generación. Es actualmente representante legal y técnico de la compañía española de ingeniería SISENER INGENIEROS S.L. en el Ecuador. Ha desarrollado diversos proyectos en el área de eficiencia energética y energías renovables que van desde la pequeña escala, como electrificación rural con SHS, hasta la gran escala, como plantas de generación fotovoltaica, eólica o centrales hidroeléctricas, incluyéndose redes transmisión y sub-transmisión.

Tsai García Pérez es Ingeniera Química (Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, 1994), Master en Ingeniería Química (Universidad Estatal de Campinas–UNICAMP, Campinas, SP, Brasil, 2007), Doctora (Ph.D.) en Ingeniería Química (UNICAMP, 2010) con especialización en Ciencia y Tecnología de Polímeros. La Dra. García posee un segundo Ph.D. in Chemical Engineering, obteni-

do en la Washington State University–WSU (Pullman, WA, USA, 2015), con especialización en nano-biocomposites. Posee, además, postdoctorado en el área de Procesamiento y Tecnología de Polímeros y Compuestos Madera-Plástico en el "Composite Materials and Engineering Center", Civil and Environmental Engineering Department, WSU (Pullman, WA, USA). La Dra. García ha sido docente en la Universidad de Cuenca y en la Universidad Politécnica Salesiana (Cuenca, Ecuador). Sus áreas de experticia incluyen: nano-materiales y nano-compuestos, carbón (activado), enzymatic biofuel cells, polímeros naturales y sintéticos, compuestos polímeros-madera, tecnología de plasma y fenómenos de adhesión, temas en los que posee varias publicaciones científicas y presentaciones en eventos científicos y académicos en Brasil, Ecuador, México y Estados Unidos. Ha sido becaria de CNPq y de WSU para realizar estudios de doctorado en Brasil y Estados Unidos, respectivamente.

Prefacio

La energía es un elemento fundamental para el desarrollo y funcionamiento de las sociedades contemporáneas. Todos dependemos, directa o indirectamente, en mayor o en menor medida, tanto de la electricidad como de la energía disponible en los combustibles que usamos. En la actualidad se observa que dicha dependencia se acentúa en la mayoría de los países, aspecto que es visible con solo acceder a las estadísticas de oferta y consumo de energía. En el caso de Ecuador, la producción de energía primaria creció 25 % en los últimos once años (desde 2003 hasta 2013) y el consumo final de energía creció 59 % en el mismo período. Sin embargo, la presencia de las energías renovables en la matriz energética del país es todavía ínfima, pues cerca de 95 % de la energía primaria producida está constituida por combustibles fósiles (91 % petróleo y 4 % gas natural) y solo alrededor de 5 % corresponde a energías renovables (principalmente hidráulica y biomasa). Estas estadísticas reflejan la enorme dependencia de nuestro país sobre las fuentes fósiles de energía. Una pregunta oportuna es: ¿Hasta cuándo vamos a contar con fuentes no renovables de energía como fuente primaria de energía? Ventajosamente, en el país se está tomado conciencia sobre estos aspectos y hoy es frecuente escuchar, en varias esferas de la sociedad, planteamientos y discusiones sobre la necesidad de incursionar en un uso más extensivo y eficiente de las energías renovables que disponemos. Asimismo, es gratificante ver que buena parte de la ciudadanía está familiarizada con los conceptos de energía renovable y no renovable. A la par, varios programas y cursos de pregrado y postgrado en diferentes centros de educación superior en el país abordan los temas de energías renovables y de eficiencia energética.

La idea de publicar el presente libro nació en el año 2011. Los editores observamos que, a pesar de los avances que se estaban dando en el tema energético en Ecuador, ya sea por la proliferación de programas y cursos de pregrado y postgrado relacionados con energías renovables, gestión de energía y/o eficiencia energética, o por la notable incursión del Estado en una mayor explotación de algunas fuentes de energía renovable, no existe un texto o fuente de consulta recopilando lo que se ha hecho, lo que se viene haciendo, y lo que se podría hacer en el país respecto a las energías renovables.

Este libro no pretende abordar las energías renovables en el país de forma exhaustiva, ni busca ser la última palabra sobre este tema. El objetivo es, más bien, presentar ideas y elementos que sirvan de punto de partida para una discusión amplia que involucre a más profesionales y científicos que actualmente trabajan en el tema energético en el Ecuador. Por lo tanto, además de abordar brevemente los conceptos básicos sobre las principales fuentes renovables de energía disponibles en el país, su potencial, el estado de su exploración y/o explotación y las experiencias adquiridas, se proponen también acciones que podrían ser llevadas a cabo para una adecuada expansión y mejor aprovechamiento de las energías renovables. En ese sentido, el libro busca llegar no solo al sector académico sino también a las personas e instituciones que generan políticas energéticas, toman decisiones o invierten en el sector energético del Ecuador.

Para un país pequeño como el nuestro, pero con abundante disponibilidad de fuentes renovables, es muy oportuno contar con un texto de consulta escrito por profesionales que trabajan directamente en cada área y pueden transmitir experiencias de manera oportuna y adecuada. El carácter multidisciplinar del libro radica en la diversidad de formación académica y científica de los autores. En parte por este motivo, la secuencia de los capítulos presentados no refleja un orden pre-establecido.

Los editores valoramos y agradecemos el esfuerzo realizado por los autores de cada capítulo para que sus contribuciones a este libro hayan sido llevadas de la manera más profesional y completa posible. Sin dicho invaluable aporte no hubiera sido posible la conclusión de esta obra.

Finalmente, queremos dejar constancia de nuestra enorme gratitud a la Universidad de Cuenca y sus autoridades (MS. Ing. Fabián Carrasco y MS. Ing. Silvana Larriva, Rector y Vicerrectora, respectivamente) y a la Unidad de Cultura, por el apoyo brindado para la impresión del libro.

M.R. Peláez Samaniego / J. L. Espinoza Abad

Políticas para la promoción de las energías renovables en el Ecuador

Antonio Barragán Escandón^a / Juan Leonardo Espinoza Abad^b [*]

1.1 / Introducción

En la actualidad todavía se debate sobre cómo definir de manera precisa el término energía renovable y cómo distinguir energía renovable de energía no renovable. Este debate es sin duda inevitable debido a que diferencias en estas interpretaciones podrían impactar políticas energéticas, marcos regulatorios, o cualquier otro mecanismo que pudiera servir para promover las energías renovables en un país o sociedad (TREIA, n.d.). Una definición corta que se acoge en este libro es la adoptada por la Agencia Internacional de Energía (IEA–International Energy Agency) (IEA, 2015): *“Energía renovable es la energía derivada de procesos naturales que son sustituidos a una velocidad mayor que la que son consumidos. Formas comunes de energía renovable son la energía solar, energía eólica, energía geotérmica, energía hídrica, así como algunas formas de biomasa”*. Una definición ligeramente más amplia, adoptada por la Texas Renewable Energy Industry Alliance, señala que energía renovable es “Cualquier recurso que es regenerado naturalmente en un periodo corto de tiempo y derivado directamente del sol (por ejemplo térmica, fotoquímica o fotoeléctrica), indirectamente del sol (por ejemplo eólica, hídrica, o energía fotosintética almacenada en la biomasa), o de otros movimientos y mecanismos naturales del planeta o medio ambiente (como es el caso de la energía geotérmica y de las olas). La energía renovable no incluye recursos derivados de combustibles fósiles, residuos de combustibles fósiles, o residuos de fuentes inorgánicas” (TREIA, n.d.). En términos generales, las fuentes de energía renovable pueden ser clasificadas también en convencionales (por ejemplo hidráulica) y no convencionales (por ejemplo la energía solar).

A pesar de que a nivel mundial de que los costos de producción de la energía proveniente de fuentes renovables no convencionales han ido disminuyendo a través de los años y su madurez tecnológica se va consolidando, todavía existen limitaciones para que estas tengan un importante rol frente a la energía proveniente de fuentes convencio-

^a Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
^b Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones - DEET, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

* Forma de referenciar este capítulo: Barragán Escandón, A., Espinoza Abad, J.L., 2015. Políticas para la promoción de las energías renovables en el Ecuador. En: “Energías renovables en el Ecuador. Situación actual, tendencias y perspectivas”, Editores: Peláez Samaniego, M.R. y Espinoza Abad, J.L. Universidad de Cuenca. Gráficas Hernández, Cuenca, Ecuador.

nales, como la hidroelectricidad a gran escala o la energía termoeléctrica. A diferencia de la energía eléctrica que utiliza combustibles fósiles y que en el Ecuador, hasta 2013 representó cerca del 50 % del total de la energía generada, las energías renovables (ER) son consideradas sustentables pues, por sus características, pueden aportar a las necesidades energéticas sin reducir la disponibilidad de energía en el futuro. A ello se suma el menor impacto ambiental que las ER provocan, así como que están distribuidas, promueven la mano de obra local y constituyen un recurso autóctono, lo cual tiene directo impacto en la anhelada soberanía energética de cualquier país o región.

Varias son las ventajas que se exponen para que el público acepte este tipo de tecnologías. Sin embargo, al ser más intensivas en capital (si se las compara con las tecnologías que utilizan recursos fósiles), sus costos las hacen menos atractivas al momento de elegir las como

sustitutos de las generadoras convencionales. En la Figura 1.1 se indican, en dólares americanos (USD), los costos promedio de generación e inversión para diferentes tecnologías. En la mencionada tabla se presentan además los rangos de variación de esos costos (ver valores en corchetes).

Otros inconvenientes que pueden ser decisivos al momento de elegir a las ER, es que, a pesar de que pueden reducir los problemas asociados con el acceso y disponibilidad de energía, no necesariamente pueden eliminarlos. Por ejemplo, los recursos renovables son intermitentes (energía solar y eólica), y esto las hace depender de la presencia o no del recurso; es decir, no están disponibles en función de las necesidades del sistema al que suministran energía. En el caso ecuatoriano, se podría añadir el hecho de que el país es productor de petróleo y que dispone de un gran potencial hidroeléctrico todavía no aprovechable.

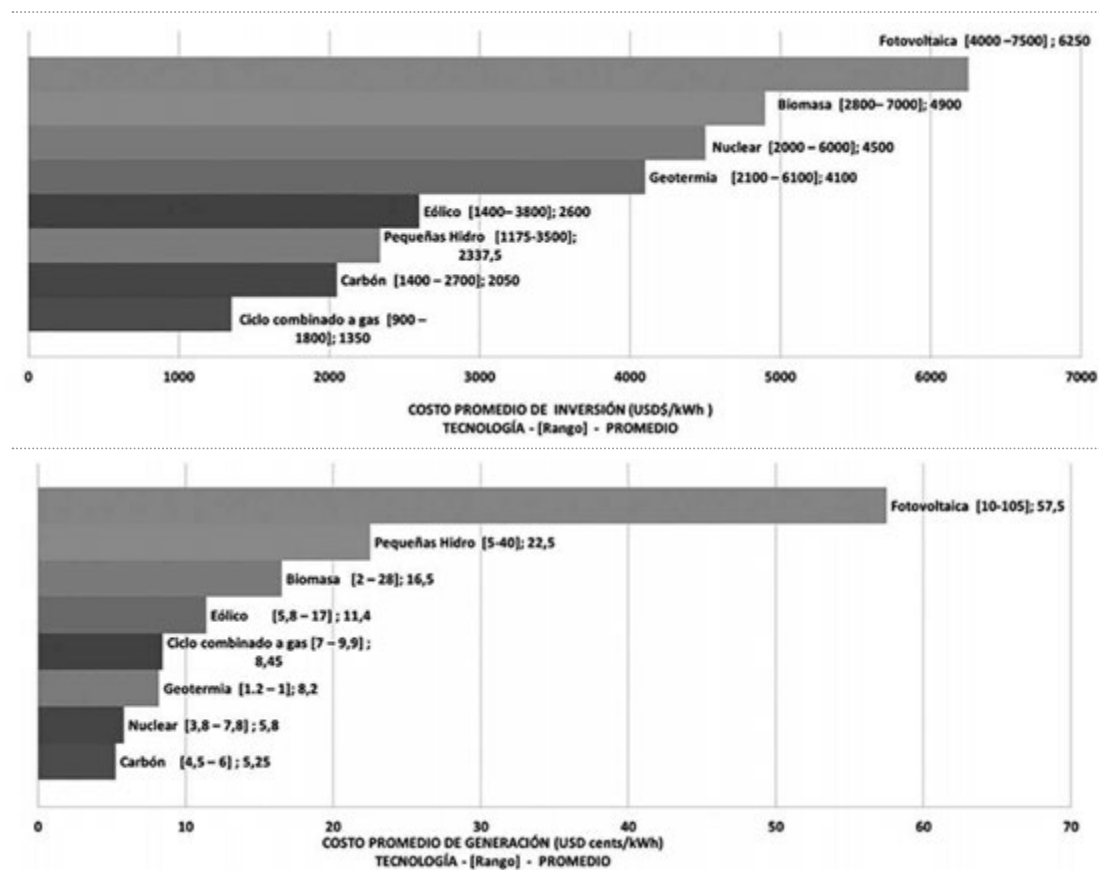


Figura 1.1 / Costo promedio de inversión (USD/kWh) y generación (USD/kWh) para diferentes tecnologías de generación eléctrica. Fuente: (Larsson et al. 2014; Pazheri, Othman, & Malik, 2015)

Frente a las evidentes ventajas de las energías renovables y sus restricciones para que se incremente su participación en las matrices energéticas, diversos países están buscando opciones para incentivar su uso. En muchos países, los objetivos a corto, mediano y largo plazo apuntan a que las ER jueguen un importante rol. En Europa, por ejemplo, se busca que para el año 2020, su porcentaje de contribución sea del 20 %. En el Ecuador, el objetivo del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables es que, para el 2020, el 86 % de la electricidad provenga de generación hidroeléctrica, y un 2 % por tecnologías renovables no convencionales (1 % solar y eólica, 1 % biomasa). El resto se espera que provenga de energía termoeléctrica e importaciones (9 % y 3 %, respectivamente) (MEER, 2008).

El objetivo de este capítulo es analizar las políticas y el marco normativo existente en el Ecuador (el mismo que se ha ido modificando en los últimos años) para incentivar el uso de las energías renovables en el país. Se describen, además, cuáles han sido los resultados logrados y las perspectivas futuras de estas fuentes en el Ecuador. Sin embargo, debido al enfoque planteado en el capítulo, no se pretende analizar las condiciones bajo las cuales las tecnologías de ER pueden funcionar o si estas pueden ser extendidas a gran escala.

1.2 / Marco Teórico

Al buscar la introducción de las ER como parte de la matriz energética de un país o región no solo se plantean nuevas tecnologías, sino se apuesta a un cambio institucional que incluye elementos económicos, sociales y ambientales no considerados previamente. Esta evolución institucional involucra transiciones entre tres aspectos denominados "pilares": normativo, cognitivo y regulativo (Scott, 1995).

Para Scott (1995), el aspecto normativo generalmente toma la forma de procedimientos estándares de operación (industria) o en el currí-

culo educativo (universidad), mientras que el aspecto cognitivo tiene que ver con la cultura (palabras, símbolos) que tiende a legitimar una nueva realidad. Los aspectos de orden regulativo (o legal) generalmente toman la forma de regulaciones, las cuales guían la acción de las organizaciones por coerción o amenaza de sanciones legales.

Los argumentos para la promoción de las ER sostienen la necesidad de considerar los tres pilares institucionales, principalmente los aspectos regulatorios, que deben convivir con las reglas hechas para los sistemas de generación eléctrica convencional. En este sentido, las políticas enfocadas a la promoción de las ER podrían verse inicialmente inequitativas. Sin embargo, los argumentos que exponen su necesidad asumen la falta de sostenibilidad del modelo energético actual, así como una planificación que no considera los problemas socio-ambientales futuros o excluye las externalidades (Komor, 2004). Entre dichos argumentos se destacan:

- El precio de la energía convencional no recoge los costos externos ambientales y sociales; es decir, los costos asociados a la remediación de los procesos contaminantes, a la salud o al impacto visual. Se ha estimado que los costos externos asociados a la generación termoeléctrica varían en un rango de 2,4 a 8,12 USDcent/kWh (Longo, Markandya, & Petrucci, 2007).
- La elección de las tecnologías convencionales se efectúa ignorando los problemas que se puedan presentar, ya sea por la disminución de recursos no renovables o el cambio climático. Se trata, por lo tanto, de supuestos en los que existe una relación con el medioambiente y la sociedad, y por ello se establece un mecanismo de retribución basado en incentivos y garantía de compra de energía "limpia" (Hernández, 2005).

La sostenibilidad y seguridad energética también han jugado un importante papel en el desarrollo de las ER. Es así que a inicios de los años setenta (crisis y embargo del petróleo en 1973), la industria comenzó a interesarse en nuevas fuentes energéticas autóctonas e “inagotables” (Singh & Sood, 2008). Por otro lado, y como se mencionó anteriormente, la promoción de las ER responde a un cambio institucional del sector eléctrico y debe considerarse como un cambio de política energética a nivel de estados. Esto implica que, necesariamente, las ER requieren un apoyo gubernamental ya que, aun cuando algunas han alcanzado etapas de madurez tecnológica, es necesario un tiempo para que su uso se extienda. Existen abundantes pruebas de que la intervención del gobierno no siempre reduce el crecimiento económico y que en algunos casos se necesita dicha intervención para promover algún sector determinado (Ayres, 2001). Como bien señala Ayres (2001), el radar, el internet o los sistemas solares fotovoltaicos, por citar algunos casos, arrancaron como aplicaciones muy específicas del gobierno de Estados Unidos y hoy se han difundido alrededor del mundo.

1.2.1 / Políticas Energéticas

El desarrollo de las políticas energéticas que se establezcan para el impulso de las ER depende principalmente de la estructura del sector eléctrico. Así, en forma general se han implementado dos grandes modelos: uno vertical y otro de libre mercado (también conocidos como sistemas regulados y sistemas no regulados) (Hernández, 2005; Singh & Sood, 2008). En el primer caso se tiene un modelo monopólico, en donde el precio de la electricidad es fuertemente supervisado por el Estado, mientras que en el segundo, el precio está dado por un mercado abierto en competencia (Komor, 2004). El segundo modelo ha sido la tendencia en las últimas dos décadas alrededor del mundo. Ecuador, a partir de 1996, intentó consolidar dicho modelo, separando la generación, transmisión, distribución y comercialización y propiciando un proceso de privatización del sector eléctri-

co. A partir del año 2008, cuando se expide la Constitución vigente de la República, y sobre todo debido a que los objetivos planteados en la adopción de un modelo de mercado no se cumplieron, se regresó a un modelo público de empresas generadoras, distribuidoras y una de transmisión, controladas por un regulador y operador también estatales. El actual modelo en el Ecuador, además, establece a todas las formas de energía como sectores estratégicos, y en el caso de la energía eléctrica, el Estado es responsable de su provisión.

En un modelo de mercado, la intención es crear políticas y condiciones que permitan la participación de nuevos actores y nuevas tecnologías, además de asegurar que el mercado (el cliente) elija su uso. En un modelo centralizado, la planificación es fundamental para el ingreso de las nuevas tecnologías. Aunque en cualquiera de los dos modelos se pueden encontrar ventajas y desventajas, el desarrollo de las ER estarán enmarcadas en cómo se adapten a convivir y competir con las tecnologías tradicionales (Komor, 2004). La elección de las políticas de promoción de las ER, por ende, no dependerá tanto de sus posibles fortalezas (y debilidades), sino de consideraciones pragmáticas, como la capacidad de construir un consenso político e institucional en torno a la utilización de determinadas opciones. La situación contextual e individual de los países, su economía, desarrollo tecnológico, estado de la red, percepción de los habitantes, así como la eficacia, el costo y la facilidad de implementación, son determinantes para definir las políticas más adecuadas.

1.2.2 / Tipos de Políticas para el Incentivo de las ER

Una política, por definición, es una forma de intervención que intenta lograr algún objetivo, que no podría conseguirse si no se implementa dicha política (Komor, 2004). En particular, una política energética es una política sectorial de la política socio-económica, a largo plazo, de un país (CEPAL, OLADE, & GTZ, 2000). El debate

para la promoción de las energías renovables se ha centrado en identificar los instrumentos más efectivos que permitan incrementar su penetración y, puesto que los costos asociados a la producción de energía renovable son generalmente más altos que la que proviene de recursos fósiles, sea cual sea el instrumento elegido, “alguien” deberá pagar un costo extra (Longo, Markandya, & Petrucci, 2007). Se puede incluso desarrollar modelos de políticas dependiendo del tipo de tecnología, su etapa de desarrollo (prueba, diseño y penetración), costos, rendimiento u otras características.

Muchas políticas pueden ser concebidas para la implantación de tecnologías de energía renovable. Estas se establecen por medio de instrumentos tales como incentivos y regulaciones. Los incentivos son políticas que abordan directamente las barreras económicas y financieras a las energías renovables, y que son, por definición, voluntarias. La incorporación de incentivos puede lograr objetivos de penetración posibilitando la eliminación de barreras para la inversión, actuando sobre la racionalidad de los actores del sistema (CEPAL, OLADE, & GTZ, 2000). Sin embargo, estas se consideran efectivas pero no siempre eficientes, considerando los recursos que se deben aportar para asegurar una nueva fuente renovable (Komor, 2004).

Las regulaciones (leyes, reglamentos, etc.), por otro lado, no son voluntarias y buscan que no haya barreras económicas para el desarrollo de las ER en base a una nueva estructura y funcionamiento del sector (CEPAL, OLADE, & GTZ, 2000). Sin embargo, las diferencias entre incentivos y regulaciones no siempre son claras y, en la práctica, es común encontrar políticas que incorporan tanto aspectos regulatorios como incentivos, como se resume en la Tabla 1.1.

Dependiendo de su alcance, las políticas para promover las energías renovables se dividen en tres grupos principales (Beck & Marniot, 2004): 1) aquellas que definen un precio y cantidad de ER –Price Setting and Quantity Forcing Policies-, 2) las que reducen costos de inversión –Cost Reduction Policies; y, 3) políticas de inversión pública para facilitar y acelerar su incorporación –Public Investments and Market Facilitation Activities. La primera categoría está basada en la producción de energía, mientras que la segunda está basada en la inversión y la tercera requiere una directa intervención del Estado. En la Tabla 1.1 los autores identifican 7 mecanismos implantados en el Ecuador, que serán desarrollados más adelante, y que encajan en las categorías anteriores.

Tabla 1.1 /
Categorías de políticas establecidas en el Ecuador.

Política	Mecanismo	Tipo*
Price Setting and Quantity Forcing Policies (precio y cantidad)	Tarifa regulada	R, I
	Objetivos nacionales	R, I
	Mecanismos de mercado	R, I
Cost Reduction Policies (reducción de costos)	Incentivos financieros	I
Public Investments and Market Facilitation Activities (inversión pública)	Fomento a la inversión pública	I
	Investigación y desarrollo	R
	Información y prospección de localidades	I

* R: Regulación; I: Incentivo [en función de lo establecido en la legislación ecuatoriana].

1.2.2.1 / Precio y Cantidad

En este mecanismo se busca establecer precios favorables para promover las ER. La cantidad de generación bajo este esquema no está necesariamente especificada, pero los precios son conocidos. Por otro lado, se puede establecer una cantidad de generación, sin determinar los precios. Estos dos mecanismos, a pesar de que tienen estructuras diferentes, se los suele utilizar en conjunto (Beck & Marniot, 2004). En este esquema se identifican los siguientes casos:

a) Tarifa Regulada

Conocida comúnmente como Feed-in Law o Feed-in Tariff, es un esquema en el que el regulador fija una tarifa para la compra de energía que proviene de las ER, mientras que el mercado determina la cantidad de energía eléctrica generada por estas fuentes (Torres & Arana, 2010). Desde el punto de vista de mercado liberalizado, puede ser inapropiado, y su adopción debe ser bien planificada para limitar su alcance y duración, pues los subsidios establecidos pueden crear consecuencias imprevistas (Komor, 2004), (CEPAL, OLADE, & GTZ, 2000). En este caso se puede llegar a tener una importante capacidad instalada de generación renovable pero a altos costos. Por ejemplo, Estados Unidos y Alemania han manejado con éxito este tipo de políticas, mientras que Dinamarca, que promovió así su industria renovable, paulatinamente ha ido cambiando a otros incentivos tipo certificados verdes. Otros esquemas consideran tarifas diferenciadas según el tipo de tecnología, tamaño del proyecto o productividad. La vigencia de las tarifas, suele revisarse de manera periódica, y permite definir la cantidad de energía por fuente que se desea incorporar (Singh & Sood, 2008).

promotores para reducir costos), ii) que el precio fijado por el Estado refleje un compromiso a largo plazo de promoción, así como da garantía a las instituciones prestamistas (Rodríguez, Burgos, & Arnalte, 2003).

b) Objetivos Nacionales

La mayoría de los gobiernos tienen una meta anual explícita para la generación de energía renovable, como porcentaje del total de generación de electricidad. Los objetivos suelen estar definidos en función del total esperado de potencia para un año determinado. Por ejemplo, en los Estados Unidos se le llama "Renewable Portfolio Standard" y se distingue por: 1) la asignación de la responsabilidad de cumplir el objetivo de un actor en concreto (es decir, los usuarios, los minoristas o generadores), 2) tener una penalización sustancial por no cumplir con los objetivos (Komor, 2004). Si bien este instrumento es simple y los costos y riesgo disminuyen a la vez que se asegura una cantidad determinada de generación, tiene como inconveniente el trato desigual que da a las diferentes tecnologías. También puede darse el caso de que los objetivos se establezcan sin consideraciones económicas o técnicas (Komor, 2004).

c) Mecanismos de Mercado

En este grupo se incluyen los denominados "certificados verdes". Un certificado verde es un instrumento basado en el reconocimiento de que una ER ofrece dos productos: electricidad a la red y beneficios al medio ambiente (es decir, se considera la reducción de gases de efecto invernadero, principalmente CO₂). Los atributos ambientales en este caso son representados por un certificado verde (Green Certificate), el mismo que es comerciable en un mercado secundario (Komor 2004). Al ser más económico reducir las emisiones en un país que en otro, el comercio puede ser transfronterizo. La dificultad radica en lo complejo que es cuantificar las emisiones evitadas, así como su implementación o administración. La experiencia reciente

El principio de un precio preferencial considera: i) que el precio fijado para la energía sea establecido a un tiempo determinado, es decir, se requiere alta seguridad en la planificación económica (el precio podría disminuir anualmente, con el objeto de crear incentivos a los

con la implementación del protocolo de Kyoto es un ejemplo de dichas dificultades.

1.2.2.2 / Reducción de Costos

Este mecanismo permite reducir los costos de las inversiones que se realicen al utilizar tecnologías de ER, ya sea vía subsidios, reducción de tasas, aranceles o préstamos preferenciales. En este esquema se crean incentivos financieros destinados a reducir los costes iniciales y los riesgos asociados para ayudar a los proyectos de energía renovable a establecerse. Las medidas financieras incluyen reducción de tasas y costos más bajos para promover la inversión, aceleración de la depreciación o eliminación y reducción de impuestos en la importación de tecnología (Singh & Sood, 2008). En el caso de la aceleración de la depreciación, lo que se busca es que los inversionistas reciban beneficios financieros más pronto que si se aplicaran las reglas comunes de depreciación (Beck & Marniot, 2004).

Adicionalmente, el papel del gobierno no se limita a la política descrita, ya que la compra de energía limpia puede incentivar aún más la inversión (Suarez & Utterback, 1995). Por ejemplo, en Canadá varios gobiernos provinciales y municipales fueron los primeros clientes en comprar electricidad proveniente de parques eólicos privados.

1.2.2.3 / Inversión Pública

Este tipo de mecanismos considera la inversión directa del Estado para desarrollar proyectos con ER, o destinar fondos para educación, investigación y desarrollo, donde se destaca la prospección y zonificación de recursos renovables. En esta categoría se encuentran:

a) Desarrollo de Proyectos desde el Estado

En este caso el Estado financia la construcción de proyectos de energía renovables. Esto generalmente está en función de objetivos nacionales o regionales impuestos. En ocasiones este

esquema está relacionado con la incorporación de las externalidades en el precio final de la energía; así, la ayuda estatal propicia a que se internalicen estos costos a nivel de la sociedad, en particular en el sector energético (Singh & Sood, 2008).

b) Investigación y Desarrollo

El desarrollo de nuevas tecnologías es un requisito clave para la expansión del uso de las fuentes de energía renovable. Dado que los recursos renovables varían tanto por región, los esfuerzos estatales y locales podrían desempeñar un papel útil en la promoción de su desarrollo (Asmus, 2000). Un ejemplo de éxito es lo que ha sucedido con Dinamarca que, a partir de la crisis del petróleo en la década de los setenta del siglo pasado, el gobierno patrocinó programas de investigación. De esta forma pasó a ser de un país 100 % dependiente de recursos fósiles importados, a ser actualmente exportador de energía, donde la energía eólica aporta con alrededor del 20 % de la electricidad producida. Además, Dinamarca es el tercer proveedor de tecnología eólica a nivel mundial (Sovacool, 2013). El caso de Malasia también resulta interesante, pues el apoyo estatal se ha dirigido a instituciones académicas que han explorado nuevas fuentes de energía y sus posibilidades de utilización (Saidur, Islam, Rahim, Solangi, 2010).

c) Información y Prospección de Localidades

Los programas estatales pueden incluir la valoración de acceso a la red o zonificación de las distintas fuentes de energía. En el estado de California en Estados Unidos y la India se ha dispuesto por ejemplo de estaciones de medición del recurso viento que brindan importante información a los desarrolladores de proyectos eólicos (Beck and Marniot, 2004).

De los mecanismos mencionados el llamado Feed-in Tariff, o de tarifa regulada, es el que globalmente ha demostrado mayor efectividad y eficiencia para promover las ER (Torres

and Arana, 2010). Para el año 2010, el 64 % de la capacidad en energía eólica y el 87 % en energía fotovoltaica, han sido instalados bajo este mecanismo (Jacobs et al., 2013). Perú, Bolivia, Brasil, Argentina, son países en Latinoamérica que tienen este tipo de políticas regulatorias y que además mantienen otro tipo de incentivos financieros o de financiamiento público. Por lo general las políticas instauradas no son de un solo tipo sino trabajan en forma paralela. Chile, Colombia, Costa Rica, México no han optado por la tarifa regulada, pero si apuestan su desarrollo en ER, con otro tipo de incentivos, tales como mecanismos fiscales, definición de objetivos nacionales, subsidios, compra obligada de energía o inversión pública directa (MAP, 2012).

1.3 / Políticas para el Incentivo de las ER en el Ecuador

En el Ecuador se han incorporado varias políticas para fomentar el uso de las energías renovables no convencionales. En la Constitución de la República de 1998 ya se establecía que el Estado promoverá su uso, mientras que en la Constitución del 2008, se afianza este principio y se incorpora el concepto de eficiencia energética.

A más de lo anterior, siguiendo la pirámide Kelseniana, se han establecido leyes, reglamentos, regulaciones o decretos en donde se articulan una serie de disposiciones referentes a las ER. En la Ley del Régimen del Sector Eléctrico en el Art. 5 (Octubre de 1996), se cita como uno de sus objetivos el “fomentar el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales”. Desde la aprobación de esta Ley han estado en vigencia dos Reglamentos para su aplicación. El primer Reglamento General de la Ley del Sector Eléctrico (Diciembre de 1996) menciona a las ER como tecnologías cuyo uso se enmarcará básicamente en el sector rural. Mientras que en el Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (Noviembre de 2006), no solo se mantiene dicho compromiso, sino se define como energías renovables no convencionales a la energía eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotérmica y otras de similares características, y las provenientes de pequeñas centrales hidroeléctricas. También se indica que el Estado fomentará el uso de recursos no convencionales, algo que se ratifica en la recientemente aprobada Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (enero, 2015). En la Figura 1.2 se establece un histórico de los diferentes mecanismos que se ha ido implementando en el Ecuador, mientras que en la Tabla 1.2 se describen con más detalle los mecanismos descritos en la Figura 1.2.

Ver gráfico a color / pag. 409

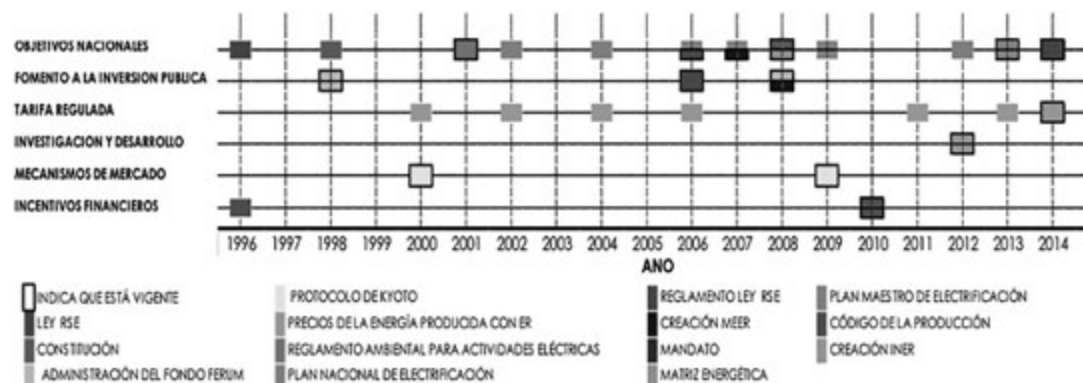


Figura 1.2 / Hitos de la incorporación de los mecanismos de promoción de las ER en el Ecuador

Tabla 1. 2 /
Hitos de los mecanismos de Promoción de las ER en el Ecuador.

AÑO	HITO	MECANISMO	DESCRIPCIÓN
1961	Creación del Instituto Ecuatoriano de Electrificación, INECEL. Decreto Ley de Emergencia No. 24, 23 de Mayo de 1961		Organismo cuya razón de ser es la integración del sistema eléctrico ecuatoriano, pues hasta aquel entonces el servicio eléctrico estaba encargado a las municipalidades.
1996	Ley de Régimen del Sector Eléctrico, R. O. No. 43 10 de Octubre de 1996	Objetivos nacionales Mecanismos fiscales	Fomentar el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, las universidades y las instituciones privadas. Se indica la exoneración del pago de aranceles, demás impuestos adicionales y gravámenes que afecten a la importación de materiales y equipos no producidos en el país para la investigación, producción, fabricación e instalación de sistemas destinados a la utilización de energía solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras, previo el informe favorable del CONELEC. Se estipula la exoneración del pago de impuesto sobre la renta, durante cinco años a partir de su instalación a las empresas que, con su inversión, instalen y operen centrales de producción de electricidad usando los recursos energéticos no convencionales señalados en el inciso anterior. Se expide el Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico [R.O. No. 182, 4 de Diciembre de 1996], que indica que se debe promocionar los recursos energéticos locales, tales como micro y minicentrales hidroeléctricas y nuevas fuentes de energías renovables. Se modifica totalmente la estructura del Sector Eléctrico Ecuatoriano, de manera que las actividades que antes eran realizadas por el INECEL, se designan a otras entidades.
1998	Constitución de la República R.O. No. 442, 20 de Octubre de 1998	Objetivos nacionales	Indica que el Estado tomará medidas con el fin de promover en el sector público y privado el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes.
1998	Reglamento para la administración del Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal (FERUM) R.O. No. 373, 31 de Julio de 1998	Fomento a la inversión pública	Establece las pautas y condiciones para la administración de fondos dirigidos a la construcción de obras nuevas, ampliación y mejoramiento de sistemas de distribución en sectores rurales o urbano - marginales; o para construcción de sistemas de generación que utilicen energías renovables no convencionales.
2000	Ecuador ratifica el Protocolo de Kyoto, Enero de 2000	Mecanismos de mercado	Tiene como objetivo reducir seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global. Los proyectos con energías renovables están entre las opciones para cumplir ese objetivo.

AÑO	HITO	MECANISMO	DESCRIPCIÓN
2000	Precios de la energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales, Regulación No. CONELEC – 008/00, Resolución No. 0161/00. 27 de Septiembre de 2000.	Tarifa regulada	Establecimiento de precios de la energía eléctrica entregada al Sistema Nacional Interconectado por los generadores que utilizan fuentes renovables no convencionales [energía eólica, energía solar fotovoltaica, energía proveniente de biomasa – biogás y energía geotérmica], además, determina la forma en que serán despachados este tipo de generadores [2 % de esta energía podrá ser despachada].
2001	Reglamento ambiental para actividades eléctricas, Decreto Ejecutivo No. 1761, R.O. No. 396 23 de Agosto de 2001	Objetivos nacionales	Indica que le compete al CONELEC, diseñar y aplicar, en coordinación con los organismos públicos competentes, incentivos para estimular la protección y manejo sustentable de los recursos naturales que son aprovechados por los proyectos eléctricos, así como fomentar el desarrollo y uso de tecnologías limpias y el uso de recursos energéticos no convencionales.
2002	Plan Nacional de Electrificación 2002-2011, Resolución No. 0048/02 de 27 de Febrero de 2002	Objetivos nacionales	Se recomienda mejoras en la operación de los tanques para calentamiento de agua, uso de equipos similares más eficientes y calentadores solares. Se hace referencia a la regulación 008/00 y a la reglamentación para el uso de fondos FERUM en la promoción de energías renovables.
2002	Precios de la energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales, Regulación No. CONELEC – 003/02. Resolución No. 0074/02. 26 de Marzo de 2002.	Tarifa regulada	Actualización de la Regulación No. CONELEC – 008/00. Establecimiento precios de la energía eléctrica entregada al Sistema Nacional Interconectado por los generadores que utilizan fuentes renovables no convencionales [energía eólica, energía solar fotovoltaica, energía proveniente de biomasa – biogás y energía geotérmica], además, determina la forma en que serán despachados este tipo de generadores [2 % de esta energía podrá ser despachada].
2004	Plan Nacional de Electrificación 2004-2013, Resolución No. 281/04 de 24 de Diciembre de 2004	Objetivos nacionales	Actualización del Plan Nacional 2002-2011. Se hace referencia a la Regulación 003/02 y a la reglamentación para el uso de fondos FERUM en la promoción de energías renovables.
2004	Precios de la energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales, Regulación No. CONELEC – 004/04. Resolución No. 280/04, 24 de Diciembre de 2004	Tarifa Regulada	Actualización de la Regulación No. CONELEC – 003/02. Establecimiento de los precios, su período de vigencia, y forma de despacho para la energía eléctrica entregada al Sistema Nacional Interconectado y sistemas aislados, por los generadores que utilizan fuentes renovables no convencionales [eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotermia y nuevas pequeñas centrales hidroeléctricas]. Además, determina la forma en que serán despachados este tipo de generadores [2 % de esta energía podrá ser despachada].

AÑO	HITO	MECANISMO	DESCRIPCIÓN
2006	Plan Nacional de Electrificación 2006-2015, Resolución No. 217-06, 11 de Septiembre de 2006	Objetivos nacionales	Actualización del Plan Nacional 2004-2013. Se recomienda mejoras en la operación de los tanques para calentamiento de agua, uso de equipos similares más eficientes y calentadores solares. Se hace referencia a la regulación 004/02 y a la reglamentación para el uso de fondos FERUM en la promoción de energías renovables.
2006	Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico Decreto Ejecutivo No. 2066 R. O. No. 401, 21 de Noviembre de 2006	Objetivos nacionales; Fomento a la inversión pública	Actualización del Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (R.O. No. 182 4 de Diciembre de 1996). Se indica que los recursos energéticos renovables no convencionales son aquellos provenientes del aprovechamiento de las energías: eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotérmica y otras de similares características, y la proveniente de pequeñas centrales hidroeléctricas. Se anota que el Estado fomentará el uso de los recursos energéticos renovables, no convencionales, a través de la asignación prioritaria de fondos del FERUM, por parte del CONELEC; introducirá estos elementos en el Plan Maestro de Electrificación como un programa definido.
2006	Precios de la energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales, Regulación No. CONELEC – 009/06. Resolución No. 292/06, 19 de Diciembre de 2006.	Tarifa Regulada	Actualización de la Regulación No. CONELEC – 004/04. Establecimiento de los precios, su período de vigencia, y forma de despacho para la energía eléctrica entregada al Sistema Nacional Interconectado y sistemas aislados, por los generadores que utilizan fuentes renovables no convencionales (eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotermia y nuevas pequeñas centrales hidroeléctricas). Determina la forma en que serán despachados este tipo de generadores (2 % de esta energía podrá ser despachada).
2007	Creación del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable Decreto Ejecutivo No. 475 R. O. No. 132, 23 de Julio de 2007	Objetivos nacionales; Investigación y desarrollo	Dentro de su orgánico funcional se tiene la Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética y dentro de esta Subsecretaría, se crearon tres Direcciones Nacionales: de Energía Renovable, de Eficiencia Energética, y de Biomasa, cada una con actividades específicas relacionadas a sus áreas.
2007	Plan Maestro de Electrificación 2007-2016, Diciembre de 2009	Objetivos nacionales	Actualización del Plan Nacional 2004-2013. Se establece como política el desarrollo de las energías renovables como única alternativa energética sostenible en el largo plazo. Se propone a mediano plazo una matriz de generación con un aporte mínimo de 80 % de energías renovables (hidroeléctrica, eólica y biomasa). Se hace referencia a la Regulación 009/06 y a la reglamentación para el uso de fondos FERUM en la promoción de energías renovables. Se indica que las ER, pueden acogerse al MDL.

AÑO	HITO	MECANISMO	DESCRIPCIÓN
2008	Constitución de la República, 28 de Septiembre de 2008.	Objetivos nacionales	Se indica que el Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas, renovables, no contaminantes y de bajo impacto. Además, promoverá la eficiencia energética.
2008	Mandato Constituyente N° 15 R.O. No 393, 31 de Julio de 2008	Fomento a la inversión pública	Establece las pautas para el cambio del modelo del sector eléctrico ecuatoriano. En donde se indica que el Estado es accionista mayoritario del sector eléctrico. Además, estipula que el FERUM se financiará con recursos del Presupuesto General del Estado.
2008	Procedimientos para presentar, calificar y aprobar los proyectos FERUM, Regulación No. CONELEC - 008/08. Resolución No. 121/08, 23 de Octubre de 2008	Fomento a la inversión pública	Establece el procedimiento que permite al CONELEC preasignar recursos, calificar y aprobar los proyectos que presenten las empresas eléctricas, que prestan el servicio de distribución y comercialización, que serán financiados por el FERUM. Indica que los proyectos de generación con energías renovables podrán ser presentados por organismos de desarrollo ante el CONELEC para su aprobación.
2008	Estudio sobre Matriz Energética del Ecuador , Mayo de 2008	Objetivos Nacionales	Establece que el objetivo del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable para el 2020, es que el 86% de la energía provenga de generación hidroeléctrica, y un 2 % por tecnologías renovables no convencionales (1 % solar eólica, 1 % biomasa).
2009	Decreto Ejecutivo 1815, 1 de Julio de 2009	Mecanismo de mercado	Declaración de política de Estado la adaptación y mitigación al cambio climático.
2009	Plan Nacional del Buen Vivir 2009- 2013, 5 de Noviembre de 2009	Objetivos nacionales	Se define como objetivo, la diversificación de la matriz energética nacional, promoviendo la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles.
2009	Plan Maestro de Electrificación 2009-2020, Resolución No. 099/095 de Noviembre de 2009	Objetivos nacionales	Actualización del Plan Maestro 2007-2016. Se establece como política, propiciar el desarrollo de generación basada en fuentes renovables. Se hace referencia a la regulación 009/06 y a la reglamentación para el uso de fondos FERUM en la promoción de energías renovables. Como Política Ambiental, se propone mitigar el cambio climático, fomentando el desarrollo de proyectos eléctricos con tecnologías alternativas no contaminantes, apalancadas en el MDL.
2010	Código de la Producción R.O. No. 351, 29 de Diciembre 2010	Incentivos Tributarios	Se anota que, a los sectores que contribuyan al cambio de la matriz energética, se reconocerá la exoneración total del impuesto a la renta por cinco años a las inversiones nuevas que se desarrollen en estos sectores. Además se indica que la depreciación y amortización que corresponda a la adquisición de mecanismos de generación de energía de fuente renovable (solar, eólica o similares) y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, se deducirán con el 100 % adicional.

AÑO	HITO	MECANISMO	DESCRIPCIÓN
2011	Tratamiento para la energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales. Regulación No. CONELEC – 004/11, Resolución Nro. 023/11, 14 de Abril de 2011	Tarifa Regulada	Actualización de la Regulación No. CONELEC – 009/06. Establecimiento de los requisitos, precios, su período de vigencia, y forma de despacho para la energía eléctrica entregada al Sistema Nacional Interconectado y sistemas aislados, por los generadores que utilizan fuentes renovables no convencionales (eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotermia y centrales hidroeléctricas de hasta 50 MW). Determina la forma en que serán despachados este tipo de generadores (hasta 6 % del total podrá ser despachada).
2012	Creación del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, Decreto Ejecutivo No. 1048 R.O. No. 649, 28 de Febrero de 2012.	Investigación y desarrollo	Instituto adscrito al MEER para el estudio, fomento, innovación y difusión de la eficiencia energética y la energía renovable.
2012	Plan Maestro de Electrificación 2012-2021, Resolución No. 041/012 de Junio de 2012	Objetivos nacionales	Se establece como política, el fomento y construcción de proyectos de generación priorizando la inversión en fuentes renovables y limpias. Se prevé el ingreso de tres centrales eólicas que suman 46,5 MW, así como dos proyectos geotérmicos de 50 y 30 MW para el 2017 y para el 2019, respectivamente. Se describen aspectos técnicos referentes a la generación renovable para electrificación rural y urbano marginal. Se recomienda impulsar el desarrollo efectivo de las energías renovables con miras a promover la sustitución de combustibles fósiles y obtener de ellos certificados de reducción de emisiones, CERS, a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio, MDL.
2013	Plan Nacional del Buen Vivir, 2013-2017, Resolución No. CNP-002-2013, 24 de Junio de 2013.	Objetivos nacionales	Se establece como objetivo reestructurar la matriz energética bajo criterios de transformación de la matriz productiva, inclusión, calidad, soberanía energética y sustentabilidad, con incremento de la participación de energía renovable.
2013	Participación de los generadores de energía producida con recursos energéticos no convencionales. Regulación No. CONELEC – 01/13, Resolución No. 010/13, 21 de Mayo de 2013.	Tarifa regulada	Actualización de la Regulación No. CONELEC – 004/11. Establece el tratamiento para la participación de generadores, con energías renovables no convencionales, en el Sector Eléctrico ecuatoriano (generación eólica, termoeléctrica, corrientes marinas, biomasa, biogás, geotérmica, e hidroeléctricas menores a 50 MW). Incluye precios preferentes. Se excluye a la energía solar fotovoltaica. Se establece el despacho preferente a toda la energía producida por este tipo de centrales, salvo en condiciones de inseguridad del sistema.
2013	Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, Septiembre 2013	Objetivos Nacionales	Se establece como política general la inserción paulatina del país en tecnologías relativas al manejo de otros recursos renovables. Se establece la generación de energía eléctrica de fuentes renovables como las principales alternativas sostenibles en el largo plazo. Se establecen estrategias para la implementación de ERNC y eficiencia energética.

AÑO	HITO	MECANISMO	DESCRIPCIÓN
2014	Codificación de la regulación CONELEC 001/13 para "la participación de los generadores de energía eléctrica producida con recursos energéticos renovables no-convencionales". Resolución No. 014/14 , 13 Marzo 2014	Tarifa regulada	Similar descripción para REGULACIÓN No. CONELEC – 01/13, se establecen precios preferenciales para la generación con biomasa, biogás e hidroeléctrica.
2015	Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica [aprobado en enero de 2015].	Objetivos Nacionales	Dispone como principio fundamental la promoción y ejecución de planes y proyectos con fuentes de energías renovables. Se destaca que el Estado debe desarrollar mecanismos específicos para la promoción de las ER. En este sentido se establece que el MEER promoverá un sistema eléctrico sostenible, sustentado en los recursos renovables. La electricidad producida contará con condiciones preferentes, así como también se exonerará el pago de aranceles, demás impuestos adicionales y gravámenes que afecten a la importación de materiales y equipos no producidos en el país, para la investigación, producción, fabricación e instalación de sistemas destinados a la utilización de energías solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras.

Según lo presentado en la Tabla 1.2, se describen a continuación las políticas existentes en el Ecuador que buscan fomentar el desarrollo de los recursos energéticos renovables no convencionales.

1.3.1 / Precio y Cantidad

a) Tarifa Regulada

La adopción del mecanismo que determina precios preferenciales para las ER, inicia en el año 2000. Los precios establecidos así como el periodo de vigencia han ido modificándose a través de los años. La Tabla 1.3 indica los incentivos, vía precios, para cada tecnología listada. Se observa que, a partir de 2013, se deja de incluir a la energía fotovoltaica, mientras que para el año 2014 se tiene precios preferenciales solo para tecnologías de biomasa, biogás e hidroeléctrica a pequeña escala. Los precios establecidos en las distintas regulaciones para el

territorio continental se muestran en la Figura 1.3. Vale mencionar que, a partir del año 2004 (Regulación CONELEC 004/04) se establece un precio preferente para las energías renovables no convencionales que se instalen en la Provincia de Galápagos. En la Figura 1.3 se incluye a las centrales hidroeléctricas con potencias menores a 50 MW, a partir del año 2011, y en el 2014, la potencia para acogerse a los precios preferenciales se disminuye a 30 MW. A partir de 2011, se clasifica además a las centrales con tecnologías de biogás y biomasa.

Tabla 1.3 /
Existencia de precios preferenciales por
tecnologías renovables

TIPO DE TECNOLOGÍA	2000	2002	2004	AÑO 2006	2011	2013	2014
Eólica							
Fotovoltaica							
Geotérmica							
Solar termoeléctrica							
Corrientes marinas							
Hidroeléctrica							
Biomasa							
Biogás							
	Indica que existe precio preferencial						

En las regulaciones indicadas en la Figura 1.3, además, se han establecido condiciones técnicas para la entrada de las centrales en operación:

- Requerimientos de conexión a red o para sistemas aislados.
- Calidad del producto.
- Condiciones de preferentes de despacho - hasta el año 2006 se establecía el 2 % de la energía total del sistema; en el 2011 se incrementó hasta el 6 %; y, en las últimas regulaciones (2013 y 2014), se estableció que toda la energía proveniente de recursos renovables podría ser despachada, salvo condiciones de seguridad del sistema.
- Compra obligatoria de energía.
- Pago adicional de transporte (incluido hasta la regulación CONELEC 009/06).

b) Objetivos Nacionales

Los objetivos nacionales en cuanto a las ER han sido establecidos por instituciones públicas, tales como el Ministerio de Electricidad,

el CONELEC, o por la Secretaría Nacional de Planificación. El Ministerio de Electricidad, en el año 2008, publicó su informe sobre la Matriz Energética, en donde se estipuló que para el 2020, el Ecuador, debe contar con un 2 % de tecnologías renovables no convencionales (1 %, solar y/o eólica, 1 % biomasa).

Por otro lado, el CONELEC, por disposiciones de la Ley del Sector Eléctrico, ha elaborado en forma periódica diversos Planes Maestros de Electrificación, que han tenido como objetivo propiciar el desarrollo de nueva capacidad de generación. La planificación referente a las ER, en estos planes ha sido indicativa, y paulatinamente se ha especificado una capacidad de tecnologías renovables. A partir del Plan Maestro de Electrificación 2007-2016 elaborado por el CONELEC, se comienza a establecer políticas relacionadas a la promoción de las ER y, en los siguientes planes, se hace evidente el interés por incluir en la planificación del sector eléctrico estas tecnologías.

Los objetivos a mediano plazo se han ido modificando en función de lo establecido en los Planes Nacionales de Desarrollo (Ver, por ejemplo, el "Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017" (SENPLADES, 2013). Se prevé que, para el año

Ver gráfico a color / pag. 409

PRECIOS DE LA ENERGÍA PRODUCIDA CON RECURSOS
ENERGETICOS RENOVABLES NO CONVENCIONALES

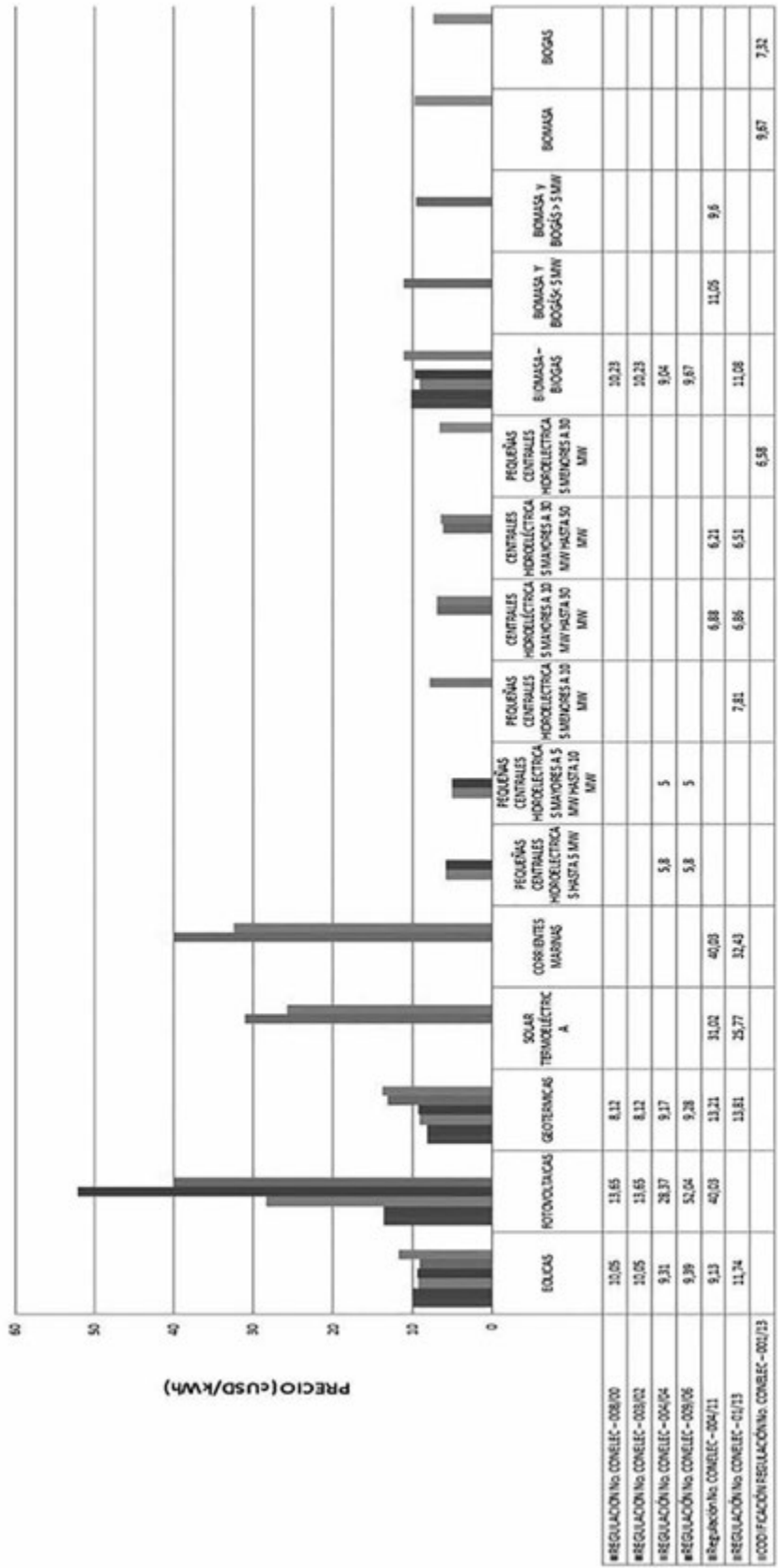


Figura 1.3 / Precios preferentes para el territorio continental ecuatoriano. Fuente: Regulaciones CONELEC.

2030, la oferta de electricidad (básicamente hidroeléctrica a gran escala) se complementa con pequeños proyectos de generación de energía con fuentes renovables como la fotovoltaica, eólica, biomasa y la hidroelectricidad, en zonas cercanas a los consumidores.

c) Mecanismos de Mercado

En el año 2000 el Ecuador ratificó el Protocolo de Kioto¹, y por tanto puede participar en la aplicación del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Este mecanismo es una alternativa para cofinanciar determinados proyectos, en particular aquellos relacionados con el sector energético. De este modo, proyectos de generación de electricidad con nuevas tecnologías y la implantación de programas de eficiencia energética deberían ser considerados en los planes energéticos de los países en desarrollo. El MDL permite la transferencia de Certificados de Reducción de Emisiones denominados (CREs). El país de acogida se beneficia ya que recibe inversiones extranjeras y transferencia de tecnología más avanzada que la propia. Un CRE corresponde a una tonelada de CO₂, o su equivalente si es otro el gas de efecto invernadero (GEI), y puede utilizarse para justificar una parte del cumplimiento de los compromisos de reducción o limitación de gases de efecto invernadero, o pueden comercializarse con ellos en el mercado internacional de emisiones (Carvalho, Garcia, & Sica, 2006).

Hasta el año 2009, en el país se encontraba operativa la Corporación para la Promoción del MDL, CORDELIM, que actuaba como la contraparte ecuatoriana del Protocolo de Kioto. Posteriormente, en julio de 2009, las atribuciones del

CORDELIM fueron delegadas al Ministerio del Ambiente a través del Decreto Ejecutivo 1815. En este Decreto se establece la creación de la Subsecretaría del Cambio Climático, que tiene como misión liderar las acciones de mitigación y adaptación del país para hacer frente al Cambio Climático y promover las actividades de conservación que garanticen la provisión de servicios ambientales. El Decreto menciona que todos los proyectos que ejecuten las entidades del sector público tendrán la obligación de contemplar en "su ingeniería financiera una cláusula de adicionalidad², con la finalidad de acceder en lo posterior a MDLs". En ese mismo sentido, dentro de las Políticas Ambientales establecidas en el Plan Maestro de Electrificación 2009-2020, en el sector eléctrico ecuatoriano se establece la necesidad de "mitigar el cambio climático, fomentando el desarrollo de proyectos eléctricos con tecnologías alternativas no contaminantes, apalancadas en el MDL". Así también se establece que "Todo proyecto de infraestructura eléctrica es susceptible de recurrir al Mercado del Carbono, demostrando su adicionalidad" (Barragán, 2012).

Una vez que el Protocolo de Kioto ha cerrado su ciclo 2008-2012 para acceder a los beneficios de los mecanismos establecidos en el mismo, es interés de la comunidad internacional encontrar un acuerdo post-Kioto que garantice la reducción de emisiones de GEI. Sin embargo, hasta finales del año 2013 no ha habido mayores avances. Tanto es así que, en el Plan de Electrificación 2013-2022, ya no se mencionan mecanismos tales como el MDL o Mercado del Carbono, como parte de las políticas del sector eléctrico ecuatoriano.

1 El Protocolo de Kioto compromete a los países desarrollados a alcanzar objetivos cuantificables de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Estos países, conocidos como Partes del Anexo I, se comprometieron a reducir su emisión total de seis gases GEI hasta al menos un 5,2 % por debajo de los niveles de emisión de 1990 durante el periodo 2008-2012 (el primer periodo de compromiso), con objetivos específicos que varían de país en país.

2 La adicionalidad es un criterio de elegibilidad de proyectos dentro del mercado de carbono que ayuda a determinar si la implementación de dicho proyecto conlleva a un nivel de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por debajo del nivel de emisiones de GEI que hubiera existido en el escenario más probable si no se hubiera implementado dicho proyecto (www.finanzascarbono.org/glosario/adicionalidad/).

1.3.2 / Reducción de Costos

a) Incentivos Financieros

En la Ley del Régimen del Sector Eléctrico se estipula la exoneración del pago de aranceles, impuestos adicionales y gravámenes que afecten a la importación de materiales y equipos no producidos en el país para la investigación, producción, fabricación e instalación de sistemas destinados a la utilización de energía solar, eólica, geotérmica, biomasa. Así mismo, se menciona la exoneración del pago de impuesto sobre la renta, durante cinco años a partir de su instalación a las empresas que, con su inversión, instalen y operen centrales de producción de electricidad usando los recursos energéticos no convencionales señalados en el inciso anterior.

En el año 2010, con la promulgación del Código de la Producción, se complementa lo dispuesto en la Ley del Régimen del Sector Eléctrico. Así se indica que, a los sectores que contribuyan al cambio de la matriz energética, se reconocerá la exoneración total del impuesto a la renta por cinco años a las inversiones nuevas que se desarrollen en estos sectores. Además, se indica que la depreciación y amortización que corresponda, entre otras a la adquisición de mecanismos de generación de energía de fuente renovable (solar, eólica o similares), y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, se deducirán con el 100 % adicional.

Adicionalmente, para ampliar este tipo de incentivos a proyectos de generación que aporten al sistema eléctrico nacional, se puede tomar en cuenta: el nivel de tensión de conexión, el grado de protección ambiental, así como el ahorro y eficiencia energética, los costes de diversificación y seguridad de abastecimiento, a más de los costes de inversión (Nebreda, 2007). Para ello, la normativa debe incluir procedimientos transparentes, desarrollo adecuado de la red de transporte, garantía de acceso a la red, precio y mercado estable (Nebreda, 2007).

1.3.3 / Inversión Pública

a) Desarrollo de Proyectos desde el Estado

Al ser la energía uno de los sectores estratégicos para el desarrollo del país, el Ecuador tiene una fuerte inversión pública en lo referente a ER convencionales. Así, de los 3.023 MW de potencia hidroeléctrica que se encuentran en construcción, el 100 % tiene inversión pública, ya sea directa o con créditos de gobierno a gobierno. En el caso de la energía eólica, para el 2022 se espera contar únicamente con un proyecto de tipo público (16,5 MW, correspondiente al proyecto eólico Villonaco) (CONELEC, 2013). Sin embargo, existen al menos 3 proyectos eólicos con estudios avanzados (factibilidad) y el potencial del recurso, a corto y mediano plazos, supera los 900 MW (MEER, 2013). En lo referente a la tecnología solar fotovoltaica, a diciembre de 2012, los proyectos (con contrato firmado o con trámite de permiso o concesión) en su totalidad fueron privados (más de 200 MW en 17 proyectos mayores a 1 MW), salvo aquellos fotovoltaicos con fines de electrificación rural, cuya inversión provino del Estado. De esos 17 proyectos casi ninguno estaba implementado o en etapa de implementación a finales del año 2013.

b) Investigación y Desarrollo

En el año 2012, mediante el Decreto Ejecutivo 1940, se creó el Instituto Nacional de Eficiencia Energética INER. El propósito del INER es propiciar el desarrollo de la ciencia relacionada con la eficiencia energética y la energía renovable. En particular, este Instituto, persigue "Incrementar el nivel de la investigación aplicada realizada en el Ecuador, en materia de eficiencia energética y energía renovable", y el "nivel de conocimiento y concientización de la ciudadanía y entidades en temas de eficiencia energética y energía renovable mediante programas de difusión". Mayor información sobre el INER se puede encontrar en el capítulo 5 (Eficiencia Energética) de este libro.

c) Información y Prospección de Localidades

La prospección de los recursos renovables permite determinar, en forma preliminar, la cantidad del recurso renovable que se dispone. En el Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, se detalla el potencial energético para recursos hidroeléctricos, recursos geotérmicos, solares y eólicos. El recurso hidroeléctrico teórico calculado asciende a 90.976 MW, sin embargo se consideran como técnica y económicamente aprovechables 21.903 MW. Es de aclarar que no todas las centrales que podrían instalarse caen en la definición de renovables. Así por ejemplo de los 3.023 MW, en construcción, el 8 % se considera como tecnologías renovables a pequeña escala (potencias menores a 50 MW, según clasificación del CONELEC). Del catálogo de proyectos que se dispone se tiene una potencia de 10.032,55 MW (MEER, 2010), de los cuales el 18,3 % son proyectos renovables. Por otro lado las expectativas a mediano plazo, en lo referente a proyectos de capacidad hasta 50 MW y que tienen las mejores características a ser desarrollados, alcanzan un total de 250 MW. En el caso de la energía geotérmica se dispone de un potencial hipotético de 6.500 MW (MEER, 2010). Siendo el potencial de cuatro proyectos que se encuentran en prospección de 952 MW.

Con respecto a los recursos solares, en el año de 2008 el CONELEC publicó el primer Atlas Solar (CONELEC & CIE, 2008), el cual incluye la cuantificación del potencial solar disponible y con posibilidades de generación eléctrica, en base a mapas mensuales de radiación directa, global y difusa y sus correspondientes isohelias. Esto ha permitido ubicar proyectos locales de generación eléctrica: 2,8 MW, en fase de construcción, además de 907,94 MW de otros proyectos potenciales. Además, se promueven proyectos fotovoltaicos con el fin de electrificar el área rural. En la provincia de Morona Santiago, por ejemplo, se encuentra en ejecución el proyecto "Yantsa ii Etsari" (Luz de Nuestro Sol), que busca instalar y dar mantenimiento continuo a 2.500 sistemas fotovoltaicos aislados. Estos

sistemas tienen una potencia pico de 150 W, y están compuestos por dos paneles de 75 W, un regulador, que controla el sistema panel-batería, y suministra energía para tres focos y un tomacorriente para cargas en corriente continua. Para cargas en corriente alterna se dispone de un inversor de 300 W, la energía es almacenada en una batería de electrolito absorbido, libre de mantenimiento, con capacidad de 150 A-h. El diseño contempla una autonomía de tres días, con lo cual es posible iluminar 5 horas por día y el uso de un artefacto, como por ejemplo un radio (CENTROSUR, 2012).

En el año 2013 se publicó el Atlas Eólico (MEER, 2013), que determinó que el potencial eólico bruto del Ecuador es de 1.671 MW con una producción energética media de 2.869 GWh/año. Con relación al Potencial Eólico Factible a corto plazo se anota que es de 988 MW con una producción energética media de 1.697 GWh/año. De dicho potencial se tiene una potencia referencial en proyectos que se encuentran construidos o en fase avanzada de factibilidad de alrededor 120 MW.

1.4 / Indicadores de Penetración de las ER en el Ecuador

A nivel global todavía se discute cuál de los mecanismos mencionados es el más idóneo para promover las energías renovables. En Europa se ha tenido amplio éxito al aplicar el "Feed in Tariff", pues ha permitido alcanzar en forma efectiva los objetivos deseados. Así mismo, dicho mecanismo ha posibilitado el diseño de componentes tecnológicos específicos, y por tanto ha mejorado la eficiencia del equipamiento (Richstein, Fagiani, de Vries, 2013).

La complejidad de los mercados de electricidad pueden mitigar o revertir los resultados esperados al aplicar diferentes políticas para promocionar las ER. Por ejemplo, los modelos basados en certificados verdes tienen un gran riesgo, puesto que los precios de los certifica-

dos son inciertos. Esto implica una alta disponibilidad de capital y los inversores esperan altas ganancias, y por tanto suelen ser restrictivos para pequeñas firmas. En el caso de la tarifa regulada, el precio de la energía está asegurado y los riesgos asociados son menores, lo que permite el acceso no solo a grandes firmas sino a pequeños productores de ER. En otras palabras, el nivel de concentración es menor (Kazukauskas & Jaraite, 2012).

En las regiones en vías en desarrollo como África y Latinoamérica se tienen dificultades para el desarrollo de las ER, debido a su bajo crecimiento económico, falta de desarrollo científico-técnico y problemas sociales internos, así como también la falta de líneas de interconexión en los sitios en donde se encuentran los recursos, flujo de información, altos costos de las tecnologías o consolidación de estrategias de promoción. Por otro lado, el ingreso de tecnologías como la solar y eólica, al ser dependientes de las condiciones climáticas, pueden ocasionar inestabilidad en el sistema. Así, la tensión y corriente en las redes eléctricas pue-

den variar significativamente, degradando la calidad de energía, o poniendo en peligro al equipamiento de la red.

En el caso ecuatoriano, como se plasma en la Tabla 1.2, desde finales de la década de 1990 se ha ido conformando una serie de disposiciones que han permitido incrementar la generación con tecnología renovable. En la Figura 1.4 se indica la potencia renovable instalada, hasta el año 2013, así como las expectativas que se tienen al año 2021.

En la Figura 1.5 se puede observar que el incremento de las ER con fines eléctricos ha sido primero con la puesta en funcionamiento de centrales hidroeléctricas (potencias <50 MW), centrales turbo vapor que utilizan bagazo de la caña de azúcar (localizadas en los principales ingenios azucareros), así como energía eólica, además de la fotovoltaica aislada a pequeña escala. Para el año 2021 se espera que la potencia con tecnologías renovables se incremente con la entrada de nuevas centrales hidroeléctricas y centrales fotovoltaicas conectadas a red, a tal

Ver gráfico a color / pag. 409

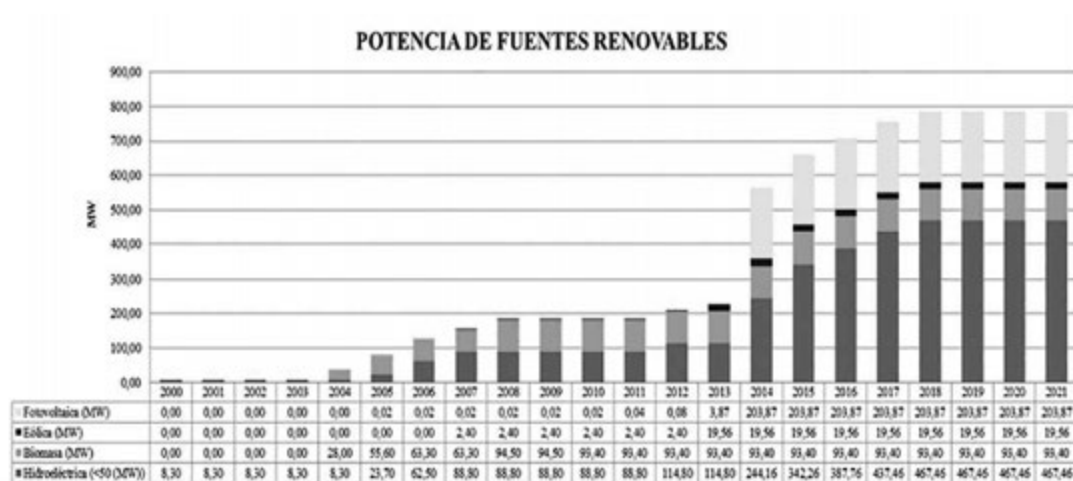


Figura 1.4 / Histórico de potencia instalada de ER en el Ecuador (Adaptado del Plan de Expansión, Plan Maestro de Electrificación 2013-2022). Fuente: (CONELEC, 2013).

Nota: El Plan Maestro de Electrificación no incluye varios proyectos con diferentes tecnologías, en fases de prospección o estudios que podrían modificar esta gráfica, entre los proyectos están: Proyectos Geotérmicos: Chachimbiro (81 MW), Chalpatán (129 MW); Proyectos Eólicos: Arenal (25 MW), Huascachaca (50 MW); Proyectos de Biomasa: San Carlos (30 MW), Ecudos (27 MW); Proyectos de Biogás: Relleno Sanitario de Pichacay (2 MW), Relleno Sanitario del Inga (5 MW).

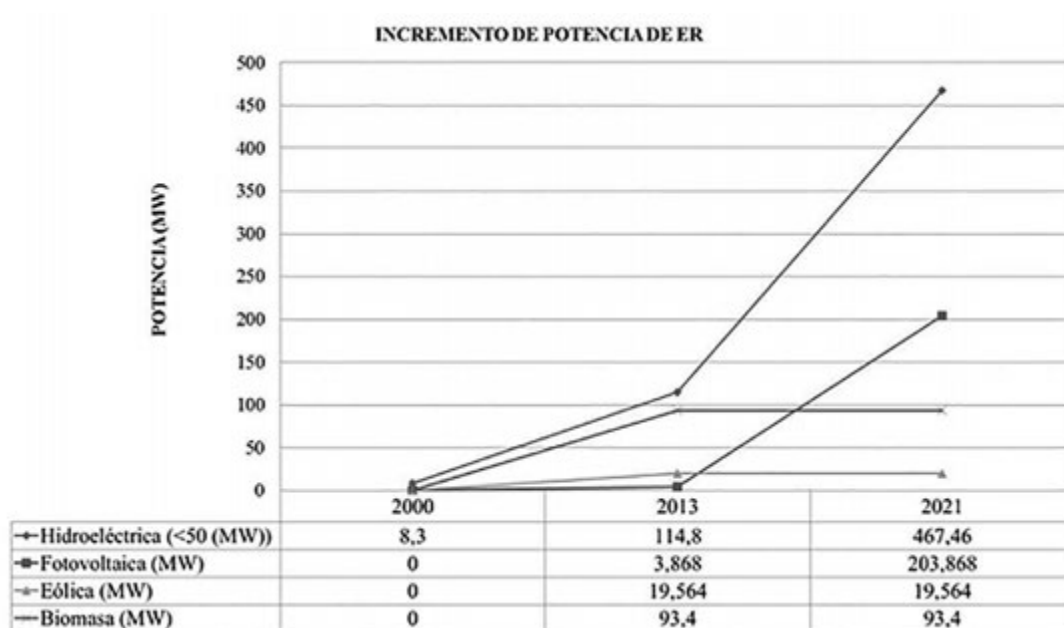


Figura 1. 5 / Participación de las ER en el Ecuador (evolución por potencia instalada)(Bustamante Molina, 2013; CONELEC, 2013).

punto que esta última tecnología pasaría a ser la segunda en importancia.

En cuanto a la participación en la matriz energética, la potencia renovable no convencional

se irá paulatinamente incrementando de un 0,26 % en el año 2000 a un 7,19 %, en el 2021. En la Figura 1.6 se aprecia que el principal aporte lo dará la energía hidroeléctrica a pequeña escala.

Ver gráfico a color / pag. 410

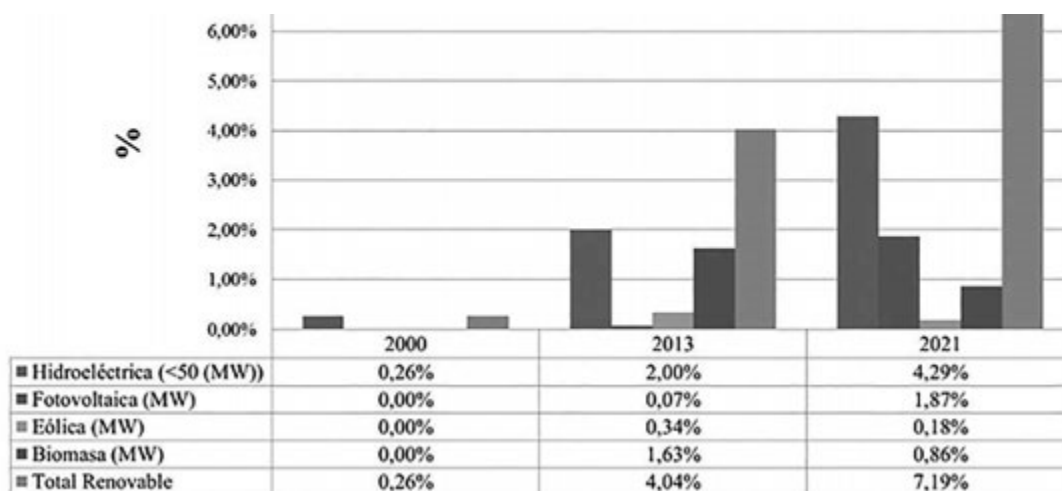


Figura 1. 6 / Porcentaje de participación de las ER en el Ecuador (potencia).
Fuente:(Bustamante Molina, 2013; CONELEC, 2013).

Con respecto a la producción de electricidad utilizando las tecnologías renovables no convencionales se ha utilizado la información del CENACE y CONELEC (Bustamante Molina, 2013; CONELEC, 2013). En la Figura 1.7 se establece la evolución de la generación renovable para cada tecnología analizada. El incremento de la

generación tiene directa relación con la potencia instalada, siendo la producción hidroeléctrica, la biomasa y la solar las que aparecen con más expectativas para el año 2021. En cuanto al incremento de generación, según la Figura 1.8, la hidroeléctrica asume la mayor participación, seguida de la fotovoltaica, biomasa y eólica.

Ver gráfico a color / pag. 410



Figura 1.7 / Producción eléctrica utilizando ER. Fuente: (Bustamante Molina, 2013; CONELEC, 2013).

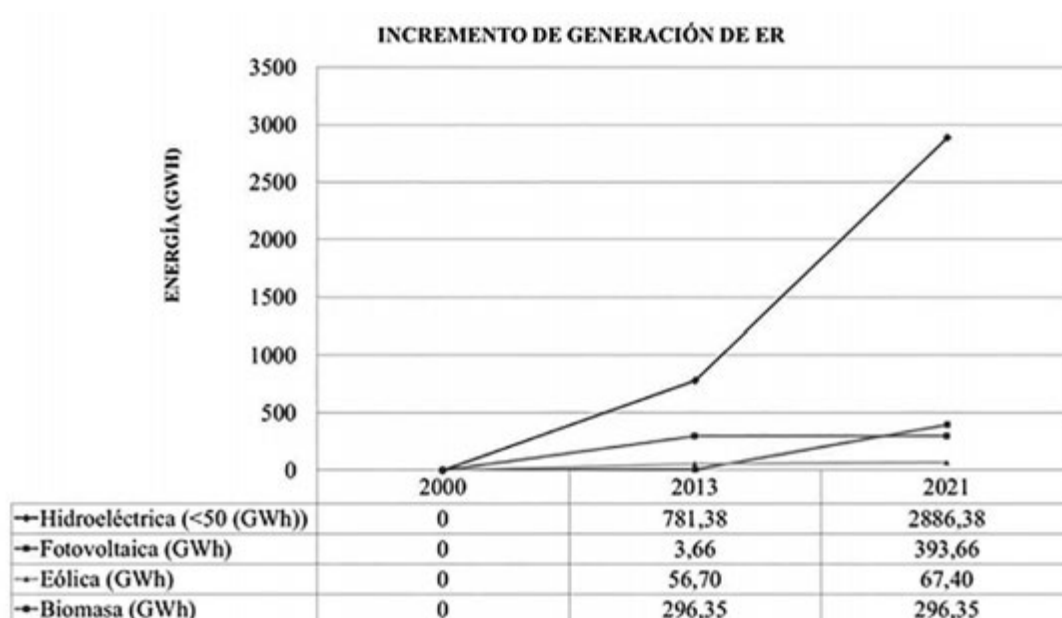


Figura 1.8 / Participación de las ER en el Ecuador (energía). Fuente: (Bustamante Molina, 2013; CONELEC, 2013).

El porcentaje de participación en conjunto para el año 2021 llega a un 8,53 %, concentrado básicamente en la hidroelectricidad, seguido por la fotovoltaica, biomasa y eólica (Figura 1.9). Si se compara con las proyecciones establecidas en el informe del año 2008 (MEER, 2008), se cumpliría las expectativas en lo referente a las energías renovables no convencionales.

Ver gráfico a color / pag. 410

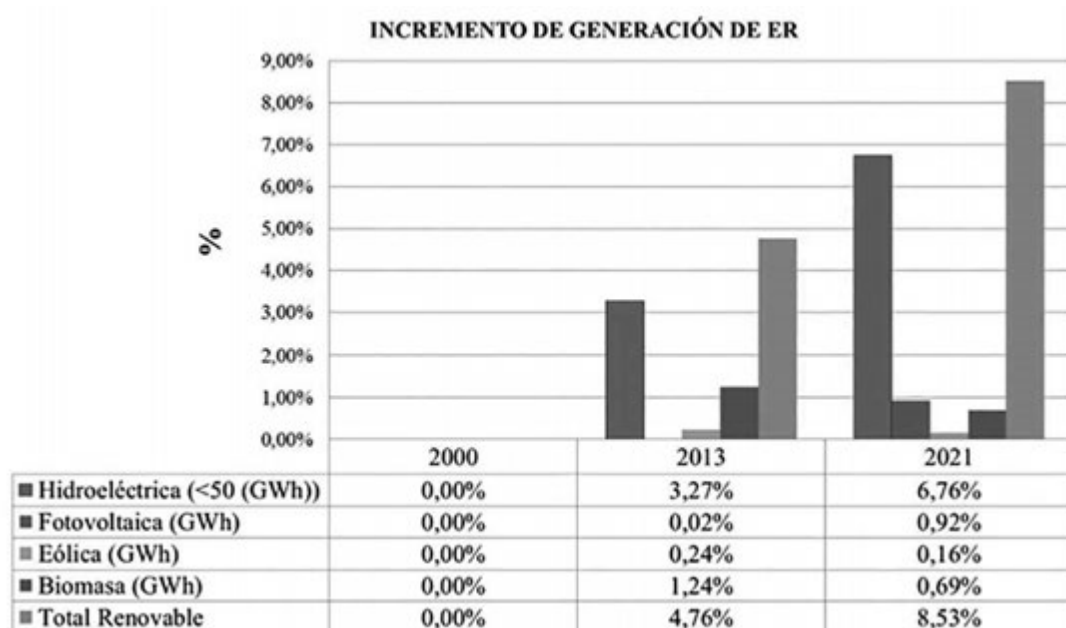


Figura 1.9 / Porcentaje de participación de las ER en el Ecuador.
Fuente: (Bustamante Molina, 2013; CONELEC, 2013).

1.5 / Perspectivas de las ER frente al Modelo Vigente en Ecuador

En el Ecuador, dadas sus condiciones geográficas, existe un potencial importante para aplicar tecnologías con energías renovables. Los estudios al respecto datan desde épocas del ex INECEL (ver Tabla 1.2), sin embargo son pocos los proyectos que se han implementado. Según se reporta en (Jacobs, et al., 2013), el mercado de energías renovables en Ecuador creció muy poco en el año 2011, y a pesar de los mecanismos existentes, solo se aplicó la tarifa regulada para tres proyectos de generación

con bagazo de caña en la Costa y una granja eólica en Galápagos. Según las proyecciones del CONELEC en los diferentes Planes de Electrificación, el énfasis es dar prioridad a los proyectos hidroeléctricos de gran escala, mientras que las energías renovables no convencionales – ERNC, al año 2021, corresponderán un 7,19 % (incluido las hidroeléctricas de menos de 50 MW de capacidad).

Los organismos vinculados al sector eléctrico han hecho esfuerzos para definir el potencial real de las energías renovables; así, a más del recurso hidroeléctrico, se ha determinado el

potencial solar y el potencial eólico mediante los Atlas correspondientes. A pesar de las bondades que pueden presentar las energías renovables no convencionales, está claro que existen limitantes o barreras que afectan su desarrollo. Al ser tecnologías que deben entrar en competencia con las tradicionalmente existentes, afrontan dificultades para su penetración. Estas dificultades van desde aspectos financieros, regulatorios, económicos o tecnológicos, pasando por la idiosincrasia y escepticismo por parte de los promotores locales. Por ello, una promoción de este tipo de tecnologías debe ir de la mano con incentivos como los enunciados en la Sección 1.2 de este capítulo.

Con la eliminación de la tarifa preferencial (ver Tabla 1.3) para la generación de electricidad basada en fuentes renovables, los elementos citados en el párrafo anterior pueden ralentizar el desarrollo de dichas fuentes de energía. A nivel internacional, el éxito de la aplicación de la tarifa regulada (Sodd & Singh, 2008), (Nebreda, 2007) es considerada como el principal mecanismo para el impulso de las ERNC, por lo que la derogación de los precios preferenciales limitaría la incorporación de estas tecnologías. Una de las razones por la que la tarifa regulada, que aparece en una regulación desde el año 2000, no permitió el crecimiento del sector, es debido a que no fue un decreto oficial o ley, así como la falta de reglas, normativa o procedimientos claros para los productores independientes (Jacobs et al., 2013).

Aun así, no deja de ser importante las políticas declaradas, pues ellas son guías de pensamiento en la toma de decisiones que permiten orientar de mejor forma el logro de objetivos (Dueñas, 2005), para promover la generación de electricidad a partir de ER. Por ejemplo, en el Plan de Desarrollo del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, se anota como meta desarrollar un sistema eléctrico sostenible, basado en el aprovechamiento de los recursos renovables de energía que dispone el país y que garantice un suministro económico, con-

fiable y de calidad. Así mismo, como objetivo se persigue incrementar el uso de energías renovables mediante el desarrollo de estudios de factibilidad que permitan el aprovechamiento de las fuentes de energía de carácter renovable disponibles en el país (SENPLADES, 2013).

Partiendo del hecho de que el sector energético es considerado estratégico, y por tanto debe estar a cargo del Estado³, la política que motive la diversificación energética a través de tecnologías no convencionales, debe ser bien pensada, tiene que partir de una visión sistemática, articulada en el resto de políticas públicas, que de sentido, establezca estrategias, provea los medios y determine responsables (Quevedo, 2002).

En el Ecuador, el sector privado todavía puede estar limitado para involucrarse en la inversión de generación que utilice recursos renovables no convencionales. Al sector público, la puesta en operación de generación no convencional le sería de interés por un tema de experiencia, diversificación energética y no porque los proyectos sean necesariamente rentables financieramente. El sector privado condiciona su interés a la recuperación del capital y al éxito financiero del proyecto (Jacobs et al., 2013). Es deseable, sin embargo que los esfuerzos iniciales para consolidar un sector renovable sólido y estable, puedan responder a una necesidad estratégica de diversificación (Nebreda, 2007).

Según Jacobs et al. (2013), la estatización del sector eléctrico ha provocado que los inversores privados tengan incertidumbre en cuanto a si los contratos previamente firmados sean respetados; así mismo la baja calificación de crédito en comparación a otros países de Lati-

3 En la Regulación CONELEC 002/11 [Resolución No. 021/11, del 14 de abril de 2011] "Excepcionalidad para la participación privada en la generación eléctrica", con el fin de posibilitar la inversión privada, se califica a la promoción de las ERNC, de interés público, colectivo o general, de tal forma que se regula lo establecido en la reforma al artículo 2 de la Ley del Régimen del Sector Eléctrico.

noamérica han sido consideradas como barreras específicas para la promoción de las ERNC en el Ecuador. Por otro lado, la creación del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energía Renovable–INER, así como el establecimiento de diversas líneas de investigación en Universidades y Escuelas Politécnicas, relacionadas al desarrollo de las ER, se espera sean los pilares para consolidar su investigación y desarrollo (I+D). La I+D, así como una regulación eficiente y efectiva, juegan un papel importante para que las empresas y las industrias integren a sus unidades de negocio la generación de electricidad en base a las fuentes renovables (Torres & Arana, 2010). En ese mismo sentido, el capital humano permitirá fomentar la investigación y formación avanzada a favor de la tecnología renovable, posibilitando, además, la cooperación internacional para la transferencia de conocimiento y la generación de tecnología (SENPLADES, 2009).

Sin duda, entender las particularidades del entorno en donde se implante determinada tecnología es un paso fundamental y necesario para el éxito de su penetración. En el caso de la energía eólica, por ejemplo, Espinoza y Vredenburg (2010) establecieron que los indicadores económicos son insuficientes para explicar el desarrollo de esta industria considerada como “sostenible”. La investigación realizada por dichos autores establece un conjunto de aspectos clave para el desarrollo de la industria eólica. Estos aspectos se los identificó a partir de exploración bibliográfica así como de entrevistas a varios actores institucionales en cuatro países (Dinamarca, Canadá, Ecuador y Costa Rica) con distintos niveles de desarrollo en dicha industria. El modelo considera que no solo los factores macroeconómicos (estado de la economía e industrias relacionadas) son importantes variables al momento de describir el éxito de la industria, sino hay que considerar otros factores como los institucionales (formales e informales) y específicos de un proyecto (aspectos sociales, ambientales y financieros) (Espinoza y Vredenburg, 2010).

La Ley de Régimen del Sector Eléctrico (vigente desde 1996) estipulaba las bases para el fomento de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, las universidades y las instituciones privadas, a más de mecanismos fiscales (exoneración del pago de aranceles, impuestos adicionales o gravámenes). Con la promulgación de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica en enero de 2015, y que deroga a la anterior, se establecen objetivos que buscan desarrollar mecanismos que incentiven el aprovechamiento técnico y económico de los recursos energéticos con énfasis en las fuentes renovables, entre las que se incluyen las ERNC. Se espera que con la vigencia de esta ley se establezcan condiciones preferentes mediante regulaciones que se expidan posteriormente, así mismo se acojan incentivos tributarios definidos tanto en el Código Orgánico de la Producción, así como la exoneración de aranceles, impuestos o gravámenes. Por otro lado, se considera que, previo a los estudios correspondientes, se puedan fijar tarifas que promuevan e incentiven estas tecnologías.

Finalmente, un aspecto que podría marcar una importante diferencia entre la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica y la Ley del Régimen del Sector Eléctrico, es la inserción del concepto de “generación distribuida” en el marco de la nueva Ley. De esta forma se incluye, por ejemplo, a la generación de carácter domiciliario o comunitario, que podría provenir de recursos como el solar o el eólico, a pequeña escala.

1.6 / Conclusiones

- De las fuentes renovables, la energía hidroeléctrica es aquella que se va a imponer en el corto y mediano plazo en el país, puesto que el Ecuador dispone aún de un gran potencial que está en pleno aprovechamiento. Sin embargo, a pesar de que se pudiese llegar a un óptimo de capacidad hidroeléctrica

instalada, el Ecuador requiere de otras fuentes de energía para diversificar la generación y reducir la vulnerabilidad del sistema eléctrico, puesto que hay épocas de estiaje o sequía cuando la hidroelectricidad pudiera ser insuficiente para abastecer la demanda. Para evitar el incremento de la generación termoeléctrica, no solo por el costo que esta supone, sino por los problemas ambientales que acarrea, es indispensable considerar las fuentes de energía renovable no convencional (ERNC) para la provisión de electricidad.

- Se estableció que, como parte de una política energética para promover la generación renovable en el país, existen mecanismos como: incentivos económicos, mecanismos fiscales, instrumentos de mercado, portafolio de energía y objetivos nacionales. De los mecanismos de promoción y financiamiento vigentes en el Ecuador, el primero, conocido como el Feed-in Tariff o de tarifa regulada es el más importante y es el que globalmente ha demostrado mayor efectividad y eficiencia para promover las ER.
- Si bien es cierto que hay una serie de mecanismos de promoción, hacen falta herramientas concretas que posibiliten el desarrollo de las ERNC. Los planes o programas son un marco de referencia válidos para definir el horizonte de la planificación. Sin embargo, los planes resultarán imprácticos si no se establecen normativas y mecanismos de seguimiento que garanticen el cumplimiento de las metas planteadas.
- Algunas de las alternativas renovables han alcanzado o están alcanzando su madurez tecnológica. No obstante, para que el inversor privado o el gobierno se decidan por su uso a gran escala será necesario que representen un "buen negocio". El éxito del negocio dependerá de que los costos de instalación y producción sigan una tendencia decreciente para que se equiparen con tecnologías convencionales como la térmica o hidroeléctri-

ca. Así mismo, se deberá "nivelar la cancha" para una competencia transparente entre las distintas opciones energéticas. Para ello, es necesario eliminar las distorsiones de mercado, como subsidios a las tecnologías que utilizan combustibles fósiles, e internalizar las externalidades (negativas) sociales y ambientales de dichas tecnologías.

- Otras opciones para financiar proyectos con tecnologías renovables son la apertura de líneas de crédito, tanto a entidades públicas como privadas, que consideren créditos preferenciales, subsidios que compensen los riesgos y otorguen tiempo de capitalización. Además, dada la escala de estos proyectos y la eventual aprobación de la nueva Ley Eléctrica, podría enfocarse al fortalecimiento de la capacidad de gestión de organismos locales, evitando la centralización de procedimientos y experiencias.
- La incorporación de las energías renovables para la generación de energía eléctrica dentro del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador será marginal a mediano plazo; sin embargo, desde ahora es conveniente analizar los requerimientos que estas tecnologías demandan para dicha incorporación. Estos requerimientos no sólo son técnicos sino incluyen temas financieros, económicos, sociales y ambientales.
- La existencia de políticas, mecanismos u objetivos, no ha garantizado (desde el año 1996 hasta la fecha) el desarrollo del sector renovable no convencional a gran escala. A pesar del potencial existente, los mecanismos establecidos no han sido del todo exitosos, ya sea por el potencial hidroeléctrico sin aprovechar o por la estructura y condiciones económicas del mercado eléctrico ecuatoriano. Medir a futuro el progreso del sector de las ERNC mediante indicadores que se contrasten con los objetivos trazados permitirá determinar su efectividad y eficiencia.

- Las expectativas para el año 2020, con respecto a las energías renovables no convencionales se espera se cumplirían; es decir, al menos un 2 % del total de la generación corresponderá a tecnologías como la eólica, solar y biomasa, quedando aun la interrogante de cuál va a ser la participación de la energía geotérmica. En principio se puede decir que los mecanismos establecidos en el Ecuador han sido efectivos para la inclusión de las ERNC a pequeña escala, con un índice conservador de penetración. Queda por determinar si el componente renovable no convencional será suficiente para afrontar escenarios adversos dentro del sistema eléctrico, provocados por imprevistos económicos, técnicos o ambientales. Por ejemplo, aspectos relacionados con el cambio climático, como sequías o inundaciones, pueden repercutir negativamente en el abastecimiento energético de un sistema eléctrico basado en generación casi exclusivamente hidroeléctrica. El reto a futuro es entonces proponer una nueva matriz energética donde las energías renovables no convencionales tengan un mayor protagonismo.

1.7 / Referencias y Material de Consulta

1. Asmus, P. (2000). Trends in the wind: lessons from Europe and the US in the development of wind power. *Corporate Environmental Strategy*, 7, 51-61.
2. Ayres, R. (2001). How economists have misjudged global warming. *World Watch*, 12-25.
3. Barragán, A. (2012). Implementación del Mecanismo de Desarrollo Limpio en el Sector Eléctrico Ecuatoriano. *Revista Energía*, 8, 132 - 137.
4. Beck, F., & Marniot, E. (2004). Renewable Energy Policies and Barriers. En E. o. Energy. Elsevier.
5. Bustamante Molina, M. (2013). Grandes Hitos y Desafíos en la Operación del Sistema Nacional Interconectado. En CENACE, *Testimonios de Sueños y Realidades* (págs. 69, 94). Quito: CENACE.
6. Carvalho, C., Garcia, D., & Sica, E. (2006). Investments in Clean Development Mechanism Projects in Latin America and Diversification of the Regional Electrical Energy Matrix. *Transmission & Distribution Conference and Exposition: Latin America*, 15-18.
7. CENTROSUR. (2012). *TRAYECTORIA*. CENTROSUR, Cuenca.
8. CEPAL, OLADE, & GTZ. (2000). *Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe: Guía para la Formulación de Políticas Energéticas*.
9. CONELEC. (2013). *Plan Maestro de Electrificación 2013 - 2022*. Quito: CONELEC.
10. CONELEC, & CIE. (2008). *Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica*. CIE, Quito.
11. Dueñas, N. (2005). *El Sistema de Control Interno y el Aseguramiento de la Calidad* (Vol. III). Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.
12. Espinoza, J., & Vredenburg, H. (2010). Towards a model of wind energy industry development in industrial and emerging economies. *Global Business and Economics Review*, 12(3), 203-229.
13. Hernández, J. C. (2005). *Regulación y Competencia en el Sector Eléctrico. Evolución, regulación actual y perspectivas de futuro*. Navarra: Aranzadi, SA.
14. IEA-International Energy Agency, n.d., Retrieved August 3rd, 2015, from: <http://www.iea.org/aboutus/faqs/renewableenergy/>
15. Jacobs, D., Marzolf, N., Paredes, J. R., Rickerson, W., Flynn, H., Becker-Birck, C., & e, M. S.-P. (2013). Analysis of renewable energy incentives in the Latin America and Caribbean region: The feed-in tariff case. *Energy Policy*(601, 610).
16. Kazukauskas, A., & Jaraite, J. (2012). The profitability of power generating firms and policies promoting renewable energy. (IEEE, Ed.) *9th International Conference on the European Energy Market (EEM)*, 1-8.
17. Komor, P. (2004). *Renewabler Energy Policy*. Lincoln: iUniverse.
18. Larsson, S., Fantazzini, D., Davidsson, S., Kullander, S., & Höök, M. (2014). Reviewing electricity

- production cost assessments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 170–183.
19. Longo, A., Markandya, A., & Petrucci, M. (2007). The Internalization of Externalities in The Production of Electricity: Willingness to Pay for the Attributes of a Policy for Renewable Energy. *Fondazione Eni Enrico Mattei Working*, 44.
 20. MAP, R. I. (2012). *Renewable energy promotion policies*. Recuperado el 3 de marzo de 2014, de <http://www.map.ren21.net/pdf/renewablepolicytable.aspx>
 21. MEER. (2008). *Matriz energética del Ecuador*. Quito: Ministerio de Electricidad y Energías Renovables.
 22. MEER. (2010). *Inventario de Recursos Energéticos con Fines de Generación Eléctrica*. MEER, Quito.
 23. MEER. (2010). *Plan para el aprovechamiento de los recursos geotérmicos en el Ecuador*. MEER, Quito.
 24. MEER. (2013). *Atlas Eólico del Ecuador con fines de generación eléctrica*. MEER, Quito.
 25. Nebreda, J. (2007). *Aspectos jurídicos de la producción de energía en Régimen Especial* (Primera Edición ed.). Navarra, España: Aranz-Thomas Civitas.
 26. Pazheri, F., Othman, M., & Malik, N. (2015). A review on global renewable electricity scenario. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 835–845.
 27. Quevedo, C. (2002). *Desarrollo de las Fuentes Renovables de Energías*. Quito: CIE.
 28. Richstein, J., Fagiani, R., & de Vries, L. (2013). Dynamic interactions of renewable and carbon policies on power generation investments. (IEEE, Ed.) *10th International Conference on the European Energy Market (EEM)*, 1-8.
 29. Rodríguez, J. L., Burgos, J. C., & Arnalte, S. (2003). *Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica*. Madrid, España: Editorial Rueda S.L.
 30. Saidur, R., Islam, M., Rahim, N., & Solangi, K. (2010). A review on global wind energy policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1744–1762.
 31. Scott, W. (1995). *Institutions and Organizations*. London: SAGE.
 32. SENPLADES. (2009). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013*. Quito.
 33. SENPLADES. (2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017*. Quito.
 34. Singh, R., & Sood, Y. (2008). Policies for promotion of renewable energy sources for restructured power sector. *Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies*. IEEE.
 35. Sodd, Y., & Singh, R. (2008). Policies for promotion of renewable energy sources for restructured power sector. *IEEE Third International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies* (págs. 1-5). IEEE.
 36. Sovacool, B. (2013). Energy policymaking in Denmark: Implications for global security and sustainability. *Energy Policy*, 61, 829–839.
 37. Suarez, F., & Utterback, J. (1995). Dominant designs and the survival of firms. *Strategic Management Journal*, 16(6), 415-430.
 38. Torres, M., & Arana, E. (2010). *Energía eólica: Cuestiones jurídicas, económicas y ambientales*. Navarra, España: Civitas, Thomson Reuters.
 39. TREIA–Texas Renewable Energy Industry Alliance, n.d., Retrieved on August 3rd, 2015, from: <http://www.treia.org/renewable-energy-defined/>