



Línea 2: Capacidades productivas orientadas a los comunes
Documento de política pública ID: 2.3

Energía distribuida

Buen Conocer - FLOK Society¹

v. 1.4

13/02/2015

Editores: Beatriz Rivela², David Vila-Viñas³.

Autores: George Dafermos⁴, Panos Kotsampopoulos⁵, Kostas Latoufis³, Ioannis Margaris³, Beatriz Rivela, Fausto Paulino Washima⁶, Pere Ariza-Montobbio⁷, Jesús López⁸.

Traductora: Beatriz Rivela.

ABSTRACT: El presente documento parte de un análisis de las políticas energéticas en Ecuador y de las necesidades del país en el contexto de los límites biofísicos del planeta, como base para proponer orientaciones y directrices estratégicas de política pública en el ámbito energético, así como un conjunto de casos y proyectos ilustrativos de las medidas propuestas. En particular, se consideran las condiciones para una transformación de la matriz energética del país que acompañe a la transformación productiva general, lo que implica disminuir la dependencia de los combustibles fósiles, fortalecer el rol de las energías renovables y descentralizar la producción energética, potenciando una escala productiva en la que la ciudadanía pueda pasar de ser mera consumidora de energía a participar en la producción y la gestión del sistema energético, a través de su mayor conocimiento y empoderamiento en la materia, lo que en definitiva, afecta no solo a la oferta energética, sino también a la demanda. Asimismo, son propuestas fundamentales la mejora de un conocimiento diversificado y ajustado al territorio, así como la puesta en común de los diseños y saberes técnicos al respecto.

PALABRAS CLAVE: política energética, energía distribuida, FLOK, energía renovable, combustibles fósiles, microrredes, transporte, agricultura.

1 Proyecto realizado bajo convenio con el Ministerio Coordinador del Conocimiento y Talento Humano, la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación y el Instituto de Altos Estudios Nacionales de Ecuador.

2 Investigadora Prometeo. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER) de Ecuador.

³ Investigador Prometeo. Instituto de Altos Estudios Nacionales (IAEN) de Ecuador.

4 Investigador proyecto FLOK Society. Responsable línea de investigación 2 sobre “capacidades productivas orientadas hacia los comunes”.

5 Grupo de investigación SmartRUE de la Universidad Nacional Técnica de Atenas (NTUA).

6 Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) Gobierno de Ecuador.

7 FLACSO Ecuador.

8 Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER) de Ecuador.



www.floksociety.org
comunicacion@floksociety.org
(593 2) 382 9900 ext. 354



Antecedentes: George Dafermos, Panos Kotsampopoulos, Kostas Latoufis, Ioannis Margaris y Beatriz Rivela escribieron una primera versión de este documento (v.0.1)⁹, para la que fueron muy relevantes las aportaciones iniciales de Nikos Hatziargyriou. Dicho documento se discutió y se mejoró junto a expertos ecuatorianos en la mesa de trabajo sobre energía distribuida, dentro de la Cumbre del Buen Conocer, celebrada en Quito entre el 27 y el 30 de mayo de 2014. En la mesa participaron Beatriz Rivela (coord., INER), Jesús López Villada (sistematizador, INER), Pere Ariza-Montobbio (FLACSO), Jorge Luis Jaramillo (UTPL), Kostas Latoufis, Ioannis Margaris (NTUA, Universidad Nacional Técnica de Atenas), Fausto Paulino Washima (SENPLADES), Freddy Oswaldo Monge (SENESCYT) y Aníbal Patricio Rivadeneira (productor agrícola). A partir de sus aportaciones, que agradecemos de nuevo sinceramente, se ha realizado un trabajo de sistematización e investigación, del que existe una versión con anexos que desarrollan los casos de estudio seleccionados (v1.0) (disponible en <http://flokociety.org/docs/Espanol/2/2.3.pdf>) y la presente.

Cita del documento: Dafermos, G.; Kotsampopoulos, P.; Latoufis, K.; Margaris, I.; Rivela, B.; Washima, F.P.; Ariza-Montobbio, P. y López, J. (2015) *Energía distribuida (v.1.1)*, Buen Conocer - FLOK Society Documento de política pública 2.3. Quito: IAEN.

Copyright/Copyleft 2014 FLOK Society - Buen Conocer, George Dafermos, Panos Kotsampopoulos, Kostas Latoufis, Ioannis Margaris, Beatriz Rivela, Fausto Paulino Washima, Pere Ariza-Montobbio y Jesús López; de la presente edición, Beatriz Rivela y David Vila-Viñas: GFDL and Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

GFDL: Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license can be found at <http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>

CC-by-sa: You are free to copy, distribute and transmit the work, to adapt the work and to make commercial use of the work under the following conditions: a) You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor (but not in any way that suggests that they endorse you or your use of the work). b) If you alter, transform, or build upon this work, you may distribute the resulting work only under the same or similar license to this one. Full license conditions can be found at <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>

Figure 1 is Copyright Paula Callan and Sara Brown 2014 bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>].

⁹ Ver versión en inglés en <https://flokociety.co-ment.com/text/KBiut69RcuH/view/>.



Contenido

| | | |
|--------|--|----|
| 0. | Resumen Ejecutivo..... | 3 |
| 1. | Introducción | 5 |
| 1.1. | La energía: sector estratégico de la economía y flujo sanguíneo del sistema productivo..... | 5 |
| 1.2. | Límites físicos de la economía del conocimiento | 7 |
| 2. | Crítica de los modelos capitalistas | 7 |
| 2.1. | Régimen energético centralizado | 7 |
| 2.2. | Propiedad energética | 11 |
| 2.3. | Límites biofísicos al crecimiento..... | 12 |
| 3. | Modelos alternativos: energía distribuida | 12 |
| 4. | Lineamientos generales para la formulación de políticas | 16 |
| 4.1. | Estudio de casos | 17 |
| 4.1.1. | Proyecto de microrredes de la comunidad de la isla de Kythnos (Grecia) (caso 1) | 17 |
| 4.1.2. | Sistema de energía distribuida en Nepal basado en hidroeléctrica de pequeña potencia (caso 2)..... | 17 |
| 4.1.3. | Tecnologías abiertas de energía eólica para infraestructuras de energía distribuida (caso 3)..... | 18 |
| 4.1.4. | Red de Biodigestores para América Latina y El Caribe (caso 4)..... | 19 |
| 4.2. | Principios generales..... | 20 |
| 4.2.1. | Democratización de los medios de producción de energía | 20 |
| 4.2.2. | Importancia de la inversión en alfabetización energética | 20 |
| 4.2.3. | Desarrollo conducido por la comunidad y participación del usuario..... | 20 |
| 4.2.4. | Código abierto y tecnología apropiada..... | 21 |
| 5. | El marco ecuatoriano de política energética..... | 21 |
| 5.1. | El sector energético en Ecuador | 21 |
| 5.2. | Marco para la definición de políticas energéticas en el contexto ecuatoriano | 25 |
| 6. | Recomendaciones de políticas públicas | 27 |
| 7. | Referencias bibliográficas | 30 |

0. Resumen Ejecutivo

El presente documento examina la aplicación de los principios de la economía social del conocimiento común y abierto (ESC) al sector de la energía. En la sección de *Introducción* se expone la importancia del sector energético y los principios generales que constituyen el enfoque del texto, para posteriormente abordar los límites biofísico que deben considerarse dentro de cualquier apuesta por hacer transitar la matriz productiva hacia la economía del conocimiento.

En la siguiente sección se analiza el modo en que el actual régimen generación de energía, desarrollado durante doscientos años de dominio capitalista y prevalencia del crecimiento



permanente como único motor de la economía, se ha traducido en la transgresión de los derechos de la naturaleza, perpetuando el uso irracional de recursos no renovables. El sistema neoliberal ha derivado en mercados energéticos no regulados y un proceso de privatización global, que debilita el control público y social sobre un sector clave para la producción y reproducción de las sociedades modernas, tanto en el Norte como en el Sur Global.

Se presenta después el modelo de energía distribuida como una potente alternativa a los modelos centralizados basados en la propiedad privada, a partir de sus características principales: (a) la utilización de fuentes de energía renovable, (b) el empoderamiento de consumidores, a través de la democratización de los medios de producción y distribución de energía y (c) la gestión comunitaria de las infraestructuras pertinentes. El reconocimiento de que la generación de energía podría ser mucho más eficientemente organizada como un procomún, en lugar de como una mercancía, debe ser el principio fundamental subyacente a todas las propuestas de políticas alternativas para el sector energético. Bajo este principio general, el modelo de energía distribuida se ilustra mediante cuatro casos de estudio, cuyo examen permite identificar un conjunto de condiciones facilitadoras y potenciadoras para guiar los esfuerzos de formulación de políticas y reforzar el desarrollo de una sociedad post-combustible fósil, que respete los derechos de la naturaleza.

Por otra parte, se ofrece una perspectiva de la situación del sector energético en Ecuador, que permite delimitar el marco específico para la definición de políticas energéticas en el contexto nacional, donde el balance energético de 2012 mostró que el petróleo representa el 90% de la producción total de energía primaria en Ecuador. Al mismo tiempo, se observa un incremento en la exportación de energía, precisamente centrada en el petróleo, que supone el 92,9% del total de exportaciones. Sin embargo, también aumentan las importaciones de energía secundaria, sobre todo de gasolinas y diésel, a la par que hay que destacar el constante aumento del consumo final de energía, así como la reducción de la intensidad energética, como consecuencia de una mayor velocidad en la tasa de crecimiento del PIB en relación a la del consumo energético. En este contexto, se ha emprendido un giro hacia la sustitución de la importación de gas por la producción propia de energía hidroeléctrica, que se pretende suponga un 92,5% de la generación de energía eléctrica a finales de 2016.

Finalmente, se realizan orientaciones de políticas públicas para iniciar las transiciones descritas, dentro del marco de políticas y programas preexistentes, sugiriendo la puesta en marcha de proyectos piloto cuyo carácter demostrador pueda tener un efecto multiplicador. En concreto, se relativiza la apuesta de construcción de grandes centrales hidroeléctricas, proponiendo su equilibrio con una mayor participación de las energías renovables, con mayor peso de sistemas distribuidos de pequeña escala y participados por la sociedad civil, lo que permite no solo una democratización del sistema energético, sino también mejoras en la demanda de energía y una mayor adaptación de la producción a las necesidades reales y diversas de cada territorio.

A su vez, se realizan recomendaciones en materia de transporte, que supone un consumo creciente, tanto en materia de ordenación territorial para el transporte de carga, como en





medidas relativas al transporte urbano, como el fomento del transporte público eléctrico y de transportes alternativos, junto al desincentivo del vehículo particular. Respecto al consumo en el sector agropecuario, se recomienda la sustitución de los combustibles fósiles por los citados renovables de producción distribuida, a la par que se proponen medidas desde el lado de la demanda de energía, con un menor uso de combustibles en la producción y distribución agropecuaria, sumada al fomento de la producción y consumos locales. Desde la perspectiva de las políticas generales de planificación, se recomienda el fortalecimiento de los sistemas de generación, acceso y difusión de la información desagregada, georreferenciada y abierta sobre el sistema energético, lo que permitirá una mayor democratización y adaptación territorial de la planificación y evaluación en los distintos niveles. Al mismo tiempo, se recomiendan medidas que aprovechen el potencial del conocimiento libre en este sector, incluyendo cláusulas de conocimiento abierto en los contratos de las empresas públicas del sector eléctrico de Ecuador y proyectos de ingeniería inversa en cuanto a las técnicas actualmente utilizadas. Por último, se proponen distintos proyectos (metodologías participativas de planificación energética, de educación en la materia, así como redes de laboratorios de innovación e implementación de iniciativas de microrredes, uso local de biomasa y combustibles alternativos, etc.), que pueden contribuir a concretar estas propuestas y fomentar la innovación necesaria en esta área para escalar tales iniciativas e incidir efectivamente en la transformación de la matriz energética y productiva del país.

1. Introducción

Este documento de política pública examina la aplicación de los principios de la ESC al sector energético de la economía. En esta sección se introduce, en primer lugar, la importancia del sector energético, el objetivo y los principios generales que han sido contemplados en este texto. Posteriormente, se aborda el concepto de la economía del conocimiento, estableciendo una distinción entre la ESC y el capitalismo cognitivo.

1.1. La energía: sector estratégico de la economía y flujo sanguíneo del sistema productivo

El sector energético constituye un sector estratégico en toda economía, conformando el flujo sanguíneo del sistema productivo y un factor clave para la satisfacción de necesidades humanas. Un adecuado planteamiento del sector energético debe perseguir la soberanía energética, construida sobre una gestión de provisión y consumo eficiente de energía, basada en la participación inclusiva y proactiva de todos los actores del territorio y la sostenibilidad del ecosistema. La energía debe ser entendida como un bien común, con un enfoque territorial que permita conectar energía y territorio, abordando sus múltiples dimensiones (temporal, geográfica, etc.) y prestando atención prioritaria al beneficio local.

En el momento actual, el sector energético se enfrenta a serios límites físicos y ambientales a nivel global, siendo el agotamiento de los recursos fósiles y la amenaza del cambio climático dos elementos indudablemente determinantes. El sector energético requiere un proceso de





transición hacia una matriz energética sustentable, en el que lograr el acceso universal de toda la población a fuentes de energía apropiada debe constituir un objetivo prioritario. Plantear alternativas que permitan armonizar las necesidades energéticas con la sustentabilidad ecológica conlleva una revisión del concepto de desarrollo y la búsqueda de nuevos paradigmas evolutivos para las sociedades. Por otra parte, resulta evidente que una matriz energética sustentable ha de depender exclusivamente de fuentes renovables, utilizadas de forma que garanticen esa renovabilidad. En tal sentido, Latinoamérica se enfrenta a un difícil desafío: prácticamente la mitad de su abastecimiento energético depende del petróleo y las proyecciones indican que aumentará la demanda. Por tanto, conviene insistir en que la escasez y costo de esta fuente de energía aumentará a largo plazo y, aun suponiendo que siguiera resultando posible acceder a ella, los predecibles efectos ambientales serían inasumibles. La fantasía de una “economía de tierra plana”, sin entropía ni límites biofísicos, conduce a nuestras sociedades inexorablemente hacia el abismo. Hemos de ser capaces de examinar qué perspectivas alternativas existen para una transición socioecológica, en la que la potencia de una especie como la nuestra se muestre capaz de construir, a través de las instituciones y del trabajo individual y colectivo, un mundo social y natural dentro del cual poder desarrollar una vida buena (Rivela *et al.*, 2015).

Desde la perspectiva de la planificación, la generación, acceso y difusión de información desagregada, georreferenciada y abierta sobre el sistema energético en el territorio es condición para sustentar un nuevo paradigma y protocolos de planificación energética. Estos protocolos deberán considerar necesidades, capacidades, recursos renovables disponibles, opciones de conservación de los recursos; y, el uso de tecnologías abiertas, apropiadas y apropiables.

El proceso de transición hacia una matriz energética sustentable debe enfocarse en preparar la institucionalidad y la tecnología capaces de administrar con eficacia y equidad ese flujo de energía que se reproduce natural y constantemente en la biosfera (CEDA, 2012). Como prioridad aparece la creación de espacios y mecanismos para facilitar la articulación del estado y la sociedad civil en actividades de capacitación, investigación, innovación, producción y gestión del consumo de energía. En esa articulación, debe consensuarse una agenda regulatoria que facilite la transformación recíproca de las matrices energética y productiva y la democratización de la prestación de servicios energéticos, siendo la propiedad un aspecto clave que debe ser analizado con profundidad.

Por último, un elemento esencial para el éxito de ese proceso de transición reside en percibir que la sustentabilidad de la matriz no solo está determinada por la oferta energética, sino también por la demanda. La estrategia debe combinar un esfuerzo importante en los niveles de eficiencia energética con la promoción del ahorro basado en el cambio de hábitos de consumo, nuevas modalidades de intercambio de bienes y servicios, reordenamiento territorial, etc. Resulta imprescindible, por lo tanto, presentar especial atención a la educación y alfabetización energética de toda la población, garantizando su empoderamiento y participación activa.



1.2. Límites físicos de la economía del conocimiento

Como se ha indicado en otros documentos del proyecto¹⁰, el conocimiento ha pasado a ser un factor preponderante en la producción capitalista, susceptible de articular nuevos nichos de acumulación y beneficio, a condición de mantener fuertes regímenes de exclusión en el acceso a ese conocimiento¹¹. El otro gran límite de las economías capitalistas del conocimiento es su sostenibilidad, tanto en términos de su reproducibilidad social, como ambiental. En particular, suele elidirse que esta economía del conocimiento se sustenta y demanda recursos naturales y energía para la sostenibilidad de su metabolismo social (Giampietro *et al.*, 2009; Martínez-Alier, 1987; Fischer-Kowalsky, 1997). El crecimiento de la economía de servicios y una desmaterialización relativa en el Norte Global se ha producido a expensas del intercambio ecológico desigual con el Sur Global. La externalización de actividades contaminantes ha invisibilizado que la mejora de la calidad ambiental en el Norte ha sido posible, en gran medida, por ese desplazamiento de actividades y la importación de materias primas extraídas en el Sur a precios baratos (Giljum y Eisenmenger, 2004; Hornborg *et al.*, 2007). Lejos de no necesitar recursos, la ESC, como toda economía, requiere de importantes recursos materiales, por lo que será necesario analizar en profundidad la "materialidad" de esta economía social del conocimiento y aprovechar su potencial precisamente para mejorar la sostenibilidad de los distintos sectores de la economía.

En definitiva, el establecimiento de nuevas industrias y actividades económicas viene necesariamente acompañado de requerimientos propios de energía, capacidad humana y capital financiero. Para alcanzar la transformación de la matriz productiva resulta imperante un proceso de cambio y diversificación de la matriz energética hacia un sistema sustentable, mediante la diversificación de la generación con recursos renovables, así como en unos usos finales eficientes. Del mismo modo que el cambio de matriz energética resulta un elemento clave en el proceso de cambio de matriz productiva, esta relación ha de establecerse con carácter bidireccional: el cambio en la matriz energética precisa de un cambio en la matriz productiva, que haga posible la incorporación de tecnologías apropiadas y apropiables, es decir, que respondan a las capacidades productivas y recursos nacionales, evitando una nueva dependencia del exterior.

2. Crítica de los modelos capitalistas

2.1. Régimen energético centralizado

La generación y transformación de energía, en la mayor parte de su historia desde la era industrial, se ha caracterizado por una tendencia hacia el aumento de escala y hacia la

¹⁰ Entre otros, ver el análisis crítico del capitalismo cognitivo de Dafermos (2014).

¹¹ Ello en contraste con una ESC, es decir, una economía en la que el conocimiento se considera un bien público y común; una economía que prospera sobre los "bienes comunes del conocimiento" (PNBV 2013).

centralización, geográfica y política (Mumford, 1963). En el caso de la generación eléctrica, el modelo en el que la energía se genera en centrales eléctricas que la suministran a los lugares de demanda a través de la red comenzó a fallar en la década de los 1960, manifestando los límites en la gestión de la demanda y la problemática asociada a una deseable soberanía energética, al hilo de la evolución general de la economía hacia regímenes postfordistas en la organización del trabajo.

Mientras tanto, las preocupaciones ambientales sobre el uso de combustibles no renovables y el aumento de la eficiencia a través de la localización de las unidades productivas cerca de los lugares de demanda favorecieron la descentralización en la generación y gestión de sistemas energéticos. Paralelamente, la tensión sobre los modelos centralizados, provocada por la creciente demanda de energía en el siglo XXI, ha reforzado este empuje hacia los modelos distribuidos, a lo que también ha contribuido la mayor disponibilidad de tecnologías de generación de energía a pequeña escala (Takahashi *et al.*, 2005). Sin embargo, a pesar de estas presiones para la adopción de estructuras descentralizadas, el modo de producción de energía se mantiene hasta hoy en día predominantemente centralizado.

Para poner en contexto esta tendencia de aumento de la escala y centralización, debe entenderse que la arquitectura (centralizada) de la infraestructura existente es un “legado” de la era industrial y el sistema de producción en masa. De hecho, la disponibilidad de recursos energéticos fósiles de gran densidad energética (mucha generación de energía por unidad de tiempo y superficie) permitió la industrialización que ya empezaba a producirse con el carbón vegetal (Sieferle, 2001; Smil, 2010). El progresivo desarrollo de un sistema energético centralizado facilitó que la producción de bienes se organizara y centralizara en las fábricas, dentro del sistema de producción en masa.

El resultado es un sistema sujeto a los mismos problemas que aquejan al modelo de producción en masa: en primer lugar y debido a que este modelo se orienta a la generación de un producto indiferenciado para un mercado homogéneo, no es apto para un mercado que se caracteriza por la diversidad de necesidades de los usuarios¹². En segundo lugar, el modelo centralizado de producción de energía, al igual que todo el sistema de producción en masa que esta energía permite, depende de la disponibilidad permanente de combustibles fósiles baratos, como carbón, petróleo, gas natural (Bauwens 2009; IEA, 2012), otras fuentes de recursos no renovables, como es el caso del empleo de uranio en las centrales nucleares (con los consiguientes riesgos asociados) o grandes centrales renovables convencionales, cuya

¹² En los mercados de comercio energético, el hecho de que la electricidad sea un producto homogéneo, es decir, que la competencia no pueda ofrecer "paquetes" de servicios realmente diferentes, como en las telecomunicaciones, obligando a las empresas a centrar la competencia en el marketing y la publicidad, genera costes adicionales a los consumidores y, en cierta medida, cancela los supuestos beneficios de la adopción de marcos competitivos. La competencia en los mercados de comercio de energía en todo el mundo no ha dado lugar a la reducción de los precios o la mejora de la calidad del producto (electricidad) para el consumidor, que debería ser, en principio, el objetivo principal y el resultado de este proceso. Al contrario, con el supuesto objetivo de crear mercados energéticos abiertos, se exigen mayores precios para los pequeños consumidores.

sostenibilidad está actualmente en debate (Ansar *et al.*, 2014). Sin duda, la dependencia de recursos no renovables constituye un factor de riesgo elevado, ignorando la realidad subyacente a la escasez de estos recursos y manteniendo un uso irracional y ambientalmente destructivo de funciones ecosistémicas esenciales.

De hecho, si bien las implicaciones del futuro escenario de combustibles fósiles (continuo incremento de costos e inversiones para hacer posible su explotación, al margen de los severos impactos ambientales generados) pueden verse, en el caso de usos como la generación de electricidad o de calor, fácilmente paliadas mediante un reemplazo por alternativas renovables, en otros sectores, como el transporte o la agricultura, la escasez de petróleo no va a resultar fácilmente sustituible (CEDA 2012). En particular, el sector del transporte ocupa una posición de creciente importancia en el sistema energético, como componente esencial en el comercio y economía mundial. En la actualidad, los medios de transporte están mayoritariamente basados en la quema de combustibles fósiles, constituyendo una significativa fuente de polución de gases de efecto invernadero, que varían de acuerdo al medio y tipo de transporte.

Por su parte, se ha señalado la gran vulnerabilidad de la cadena alimentaria a estos límites del actual sistema energético (UNEP 2012; FAO 2011), debido a las consecuencias del aumento a largo plazo de los precios de petróleo sobre la producción agrícola, por el incremento de precios de los fertilizantes y pesticidas, así como del combustible para la maquinaria. La creciente dependencia de la agricultura de estos insumos en la actualidad hace aún más vulnerable al sector que en el pasado. Por otra parte, los alimentos forman parte de una cadena de transporte y distribución cada vez más larga; una posible crisis de abastecimiento de petróleo en el corto plazo pondría en serio riesgo a la cadena de transporte y distribución de alimentos. Entre las opciones a valorar en un escenario de transición es importante analizar en profundidad la viabilidad técnico-económica y los impactos ambientales y sociales asociados al empleo de biomasa como fuente alternativa, para tomar decisiones de forma acertada sobre sus posibilidades de desarrollo¹³.

Además de su incapacidad para satisfacer las necesidades heterogéneas de los consumidores finales y su dependencia autodestructiva de los combustibles fósiles, el modelo actual de generación de energía es contrario al desarrollo de una *sociedad post-consumista*. Este hecho resulta muy evidente en los casos en los que el sector eléctrico es de carácter privado y opera a través de la centralización de los medios de generación de energía en grandes centrales, provocando una dependencia efectiva de los usuarios finales respecto a las empresas de servicio de suministro de electricidad, lo que refuerza y perpetúa una forma de vida consumista¹⁴. A medida que los usuarios son encerrados en una relación de consumo pasivo

¹³ El rol del conocimiento libre en el sector agrario, junto con consideraciones de la alimentación como un nuevo campo de los comunes, se analizan con más profundidad en el documento 2.1. del proyecto FLOK Society (Dafermos y Vivero-Pol, 2015).

¹⁴ Este consumismo no es solamente resultado del modelo de gestión del sector energético, sino que ha sido igualmente promovido por el modelo capitalista que diseñó un sistema de mercado para el sector eléctrico,

de la energía, se ven condenados a permanecer en un estado de “analfabetismo energético”, ignorando las implicaciones ambientales y el funcionamiento del sistema energético. La indiferencia resultante es peligrosa, al propiciar el consumo irracional y ambientalmente irresponsable de energía.

Gran parte de la misma crítica se aplica a los modelos de energía renovable, actualmente en boga entre los defensores del *capitalismo verde* (Hawken *et al.*, 1999) y el “crecimiento verde” (OECD *et al.*, 2012; World Bank 2012). A pesar de que estos modelos se basan en el uso de fuentes de energía renovable y, por lo tanto, apoyan la reorientación del modo de producción de energía hacia una mayor sostenibilidad ambiental, la lógica de producción en masa de un producto para un mercado de consumo homogéneo sigue siendo el principio organizador de estas infraestructuras. Como resultado, no presentan la capacidad de dar respuesta a las cada vez más diversas necesidades de los consumidores de energía y, lo que resulta peor, mantienen a los consumidores en un estado de consumismo pasivo y analfabetismo energético, que les despoja de su autonomía y soberanía. La centralización subyacente de los medios de la producción de energía constituye un obstáculo para la emergencia de una sociedad del conocimiento post-consumista en el ámbito de la energía¹⁵.

Recapitulando, los modelos centralizados existentes de generación de energía, incluyendo a aquellos que hacen uso de las fuentes de energía renovable, se basan en la lógica obsoleta que contraviene las necesidades y objetivos de una sociedad del conocimiento post-consumista. Por el contrario, lo que una sociedad post-carbón y post-capitalismo necesitaría es un modo diferente de generación de energía, basado no solo en el uso de fuentes renovables de energía, sino también en la participación de los consumidores en la generación, control y proceso de apropiación, lo que puede alcanzarse a través de la descentralización y democratización de los medios de generación de energía. Éste es esencialmente el modelo de energía distribuida (ó P2P) que, de manera adicional al uso de recursos energéticos renovables, se caracteriza por (Papanikolaou 2009):

- transformación de consumidores en co-productores mediante la descentralización de los medios de producción;
- participación voluntaria de productores individuales, familias y comunidades;
- carácter comunitario de la gestión, control y apropiación de las infraestructuras subyacentes.

Las tecnologías de energía distribuida, la gestión cooperativa y herramientas de operación, por lo tanto, pueden crear las condiciones materiales que permitan el surgimiento de los bienes comunes de energía, en contraste con los modelos tradicionales centralizados de generación energética que se han desarrollado y consolidado en el transcurso del siglo XX.

siguiendo las recomendaciones del Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional. Sobre este tema reflexionan numerosos estudios, a modo de ejemplo, véase el estudio de Yi-chong (2005).

¹⁵ Para un desarrollo más extenso de estos críticos, ver Rogers (2010) y Wallis (2010).



En todo caso, esta crítica al modelo energético capitalista merece ahondar, de manera adicional, sobre dos aspectos clave: la importancia de la propiedad y la existencia de unos límites físicos al crecimiento, elementos que comúnmente se encuentran ausentes en el debate sobre modelos energéticos.

2.2. Propiedad energética

En la discusión de alternativas al presente sistema centralizado basado en combustibles fósiles, frecuentemente se ignora la propiedad de recursos energéticos e infraestructuras relevantes (redes, unidades de producción, centros de control, tecnología de conocimiento, etc.). El shock neoliberal ha creado un amplio programa político de privatización, generalmente relacionado con los acuerdos de deuda externa con instituciones internacionales, como por ejemplo el Fondo Monetario Internacional (FMI), lo que ha conducido a un nuevo paradigma de propiedad en el sector energético. Esto se traduce en un reducido control público y social, así como en una regulación pro-corporaciones sobre aspectos cruciales relacionados con la energía (soberanía, dependencia energética, volatilidad de precios, pobreza/acceso energético, implicaciones para el cambio climático, etc.). Sin embargo, las nuevas tecnologías de generación energética han proporcionado la capacidad de hacer efectivos regímenes más socializados de propiedad, en la forma de infraestructuras energéticas de menor escala (distribuidas), propiedad y gestión cooperativa de la generación y consumo energético, modelos de *prosumidor*, etc. Este proceso no resulta "dictado" por la evolución neutral de la tecnología, sino por una combinación de interacciones y conflictos de índole social, política y económica, que conviene analizar con mayor profundidad. Las redes inteligentes y las energías renovables pueden constituir la base material para nuevas formas de propiedad colectiva de la energía. Se trata, sin embargo, de un proceso a todas luces político, que definirá el futuro de los sistemas energéticos y la capacidad de los ciudadanos de poseer, diseñar, controlar y regular por sí mismos el metabolismo social o, dicho de otra forma, su relación con la naturaleza, en la que la energía ostenta una posición decisiva.

En materia de propiedad intelectual, conviene recordar el efecto restrictivo que el copyright y las patentes tienen sobre la expansión y transferencia de conocimiento relevante alrededor del mundo. Las multinacionales han creado nuevas relaciones de poder a través de un estricto control sobre patentes, mientras que la mayoría de investigación y producción de conocimiento se asegura a través de fondos públicos, procesos académicos abiertos, etc. Las herramientas de producción de tecnologías energéticas abiertas son, por lo tanto, medios vitales para el proceso político descrito, motivo por el que las metodologías de acceso abierto adquieren más y más relevancia para los conflictos energéticos sobre recursos y propiedad tecnológica. La definición y adopción de tales herramientas de acceso abierto/código abierto debería constituir un elemento central de las políticas públicas que posibiliten un rápido y amplio desarrollo de nuevas tecnologías para generación, gestión y consumo de energía.



2.3. Límites biofísicos al crecimiento

Por otra parte, es relevante recordar que el sistema capitalista requiere de un crecimiento constante, con incrementos anuales de beneficios, para así reproducir la acumulación de capital. Sin embargo, ese crecimiento infinito no resulta posible en un mundo finito (Latouche, 2009). A pesar de la financiarización del capitalismo, que permite aumentar los beneficios a través de la especulación y el crédito, el sistema financiero, tarde o temprano necesita recircular el capital hacia el llamado sector productivo, cuya expansión tiene claros límites biofísicos o socio ambientales, como muestran el próximo pico del petróleo y el cambio climático. La ESC debe construirse con estos límites como premisa y facilitando los procesos y mecanismos para reorientar los objetivos de la sociedad más allá del monocriterio del crecimiento constante.

La expansión y crecimiento constante del capitalismo se ha concretado espacialmente en la división mundial del trabajo y en el intercambio ecológico desigual del sistema mundo (Hornborg 1998; Wallerstein, 2006). Las zonas de extracción, producción y consumo se han ido distanciando progresivamente, generando un desarrollo desigual entre polos de generación y consumo de energía, tanto a la escala de las economías de enclave extractivistas, como a mayores escalas regionales y globales (Bunker, 1984, 2007). Tal y como se ha insistido, una alternativa al sistema de generación de energía concentrado y centralizado es la generación descentralizada y distribuida, que promueve también la creación de nuevas dinámicas territoriales.

3. Modelos alternativos: energía distribuida

Si bien existen diferentes definiciones, que guardan similitudes pero difieren en algunos aspectos (Gómez, 2008), en términos generales el concepto de energía distribuida se relaciona con la generación a pequeña escala y próxima al consumidor.

Este concepto no es en absoluto un concepto nuevo. Los primeros sistemas y redes eléctricas operaban con corriente continua, lo que limitaba tanto la tensión de suministro como la distancia entre el generador y los puntos de consumo, por lo que las centrales de generación solamente suministraban energía eléctrica a usuarios en un ámbito local. La aparición de la corriente alterna permitió transportar la energía eléctrica en alta tensión y a grandes distancias, posibilitando un fuerte incremento en la potencia de generación. Los sistemas eléctricos evolucionaron y se organizaron mayoritariamente en un esquema de grandes centrales de generación y grandes redes de transporte y distribución, con el fin de abaratar los costes de producción y distribución. El equilibrio entre la demanda y el suministro se alcanzó mediante la combinación de consumos, aumentando la seguridad del suministro mediante la compensación entre centrales interconectadas.

A partir de los años 70, con la crisis del petróleo y la constatación de la gravedad de los efectos del deterioro ambiental, el concepto de energía distribuida cobra mayor protagonismo

paulatinamente. Entre los factores que explican este interés renovado cabe destacar las innovaciones tecnológicas, el incremento de los costes de transporte y distribución, el escenario económico cambiante, la preocupación por el cambio climático o la aparición de normativas reguladoras en algunos contextos.

En el momento actual, la futura relevancia de los sistemas de generación distribuida parece indiscutible, mucho más allá de la provisión de energía a pequeñas comunidades aisladas: el cambio de paradigma en el sistema energético constituye un cambio de pensamiento y actitud, promoviendo comunidades capaces de proponer, diseñar, implementar y operar su propia tecnología, adaptada a la realidad de su contexto.

En el caso de la generación eléctrica, un elemento a considerar en el aprovechamiento de recursos energéticos renovables a pequeña y mediana escala reside en el hecho de que este aprovechamiento puede dejar de ser contemplado como un aporte de energía adicional a la red nacional (con las frecuentes restricciones por parte del operador de la red) y convertirse en una opción viable para regular la calidad de la energía en la red, gracias a la posibilidad de operar como una carga variable que permite regular la potencia activa y pasiva en la red. Este mecanismo podría representar una gran ventaja para aquellas zonas que poseen recursos energéticos renovables pero que se encuentran alejadas de los grandes centros de consumo, siendo posible la obtención de un beneficio en el marco de un nuevo modelo de mercado, como la venta de *servicios energéticos* relativos al control de calidad de la energía en la red. Evidentemente, este tipo de esquemas requiere un nuevo entorno legal para la aceptación de nuevos modelos de mercado. La transformación de vectores energéticos, tanto en el ámbito de energía integrada a la red como de sectores autónomos, se presenta igualmente como una alternativa de interés para un funcionamiento más eficaz del sistema energético.

La perspectiva de la generación distribuida pone especial énfasis en la gestión de la demanda y en su interrelación constante con la oferta renovable para poder incrementar la penetración de energías renovables en el sistema (Kempener *et al.*, 2013). La gestión de la demanda requiere de su entendimiento a nivel territorial y espacial, así como de identificar quién y cómo consume la energía en distintas áreas del territorio y la interrelación entre distintas tipologías de consumo y generación de energía (Ariza-Montobbio *et al.*, 2014). En definitiva, la generación distribuida promueve el acercamiento y conexión entre la generación de energía y su consumo (Alanne y Saari, 2006).

Lo anteriormente expuesto requiere, por lo tanto, un enfoque territorial de la energía, que provenga de información georreferenciada de los recursos renovables disponibles y de las dinámicas de consumo. Este nuevo paradigma de planificación y de organización de la información energética permite pensar la eficiencia energética no únicamente desde una perspectiva tecnológica, sino socio-estructural. Cambios en los patrones socio-demográficos de la distribución de la vivienda y el lugar de trabajo, así como de las prácticas culturales y el uso del tiempo asociadas al consumo de energía, pueden permitir importantes reducciones de consumo de energía, tanto relativa (eficiencia) como absoluta (ahorro). Ejemplos de ello son la promoción económica de centros urbanos pequeños y medianos o la colectivización de



consumos (electrodomésticos, procesos industriales, transporte público, etc.) (D'Alisa y Cattaneo, 2012; Gamboa, 2009).

Los efectos sociales de la generación distribuida, entre otros factores, dependen de la escala de producción de las tecnologías utilizadas. A nivel municipal, la implicación en el cambio de modelo energético de ciudadanos y municipios a través de cooperativas de energías renovables puede dar lugar al desarrollo de proyectos de hasta 100 kW para la generación de electricidad, siendo la tecnología predominante la solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica de baja tensión. Desde una perspectiva vecinal, los tejados solares de las viviendas conectados en la red eléctrica local pueden llegar hasta potencias de 10 kW. En el caso de zonas rurales, donde existen comunidades dispersas y aisladas de la red eléctrica, se pueden instalar sistemas de generación eléctrica autónomos con potencias de hasta 15 kW basados en energía solar fotovoltaica, minieólica o minihidráulica¹⁶.

Por otra parte, es necesario destacar que, para cubrir necesidades térmicas como la preparación de agua caliente sanitaria, se pueden utilizar tecnologías renovables no eléctricas, como la solar térmica de baja temperatura o incluso, en zonas rurales, la generación de biogás procedente de la digestión anaerobia de residuos agrícolas y ganaderos. Este biogás también puede ser utilizado para cocinar alimentos.

El uso de estas tecnologías y configuraciones favorece el desarrollo de grupos sociales de productores/consumidores, también denominados *prosumidores*. Cuando los ciudadanos, familias y comunidades producen parte de la energía que consumen localmente mediante el uso de tecnologías renovables, poco a poco, se conciencian de los efectos ambientales, económicos y sociales de este modelo. La producción de energía deja de ser así un sistema de caja negra en la que todo está externalizado y cabe que el consumidor/productor de energía se concientice de los costes reales de la energía que utiliza y, como consecuencia, reduzca su consumo al adoptar medidas de ahorro y eficiencia energética. De manera adicional, la participación de los usuarios de la energía en su producción mejora los procesos de planificación energética, al estar más cercanos a sus necesidades, especialmente a nivel comunitario y municipal. Estos procesos de participación de abajo hacia arriba finalmente desembocan en una democratización real de la planificación energética que permite satisfacer las necesidades sociales, económicas y culturales de las comunidades con un impacto ambiental más reducido.

¹⁶ La energía mini y microeólica ha demostrado grandes posibilidades de desarrollo con aerogeneradores de pequeña potencia. Especialmente relevante es el desarrollo de microaerogeneradores con tecnología abierta de hasta 1 kW, basados en el diseño de Hugh Piggot (2008). La tecnología microhidráulica es una de las alternativas energéticas renovables más económicas, seguras y de bajo impacto ambiental para la electrificación rural, si se eligen las tecnologías apropiadas y se lleva a cabo una planificación apropiada de su implementación, operación y mantenimiento. Existen multitud de proyectos microhidráulicos exitosos en países en vías de desarrollo, lo cual indica su gran adaptabilidad a las condiciones locales, su sostenibilidad y su contribución al desarrollo local de las comunidades.

Las *microrredes* (en ocasiones referidas como *miniredes*) constituyen un típico ejemplo de infraestructuras de energía distribuida, con un dinamismo y desarrollo vertiginoso en los últimos años¹⁷. Combinando la producción de energía renovable y las TICs con un nuevo marco político para el mercado energético, las microrredes proporcionan las herramientas científicas, técnicas, políticas, organizacionales y sociales para una transformación fundamental del sistema energético, tanto a nivel local como transnacional. Las microrredes del futuro podrían operar como células energéticamente equilibradas dentro de las redes existentes de distribución de energía o independizarse dentro de pequeñas comunidades: el nuevo control de capacidades permite a las redes de distribución operar de forma aislada con respecto a la red central, así como integrarse en caso de averías u otras perturbaciones externas, por lo que contribuyen a mejorar la calidad de suministro¹⁸.

Las microrredes se construyen en base a microgeneradores cada vez más disponibles, como microturbinas, pilas de combustible y sistemas fotovoltaicos (PV), turbinas eólicas y pequeños grupos electrógenos hidroeléctricos, junto con dispositivos de almacenamiento, como volantes, condensadores de energía y baterías y cargas controlables (flexibles) (por ejemplo, las de los vehículos eléctricos) al nivel de distribución. Las mejoras en la tecnología de redes en términos de gestión de energía y tecnología para el usuario final, así como en las TICs para la gestión de la carga, operación remota y sistemas de medición, algoritmos de análisis de datos y de facturación, han contribuido a la creciente implantación de modernas microrredes.

El informe “Microrredes para electrificación rural” (Schnitzer *et al.*, 2014) describe el potencial de las microrredes en áreas rurales y periurbanas en países en vías de desarrollo:

“Más de 1,2 miles de millones de personas no tienen acceso a la electricidad, lo que incluye a más de 500 millones de personas en África y 300 millones de personas sólo en India (...) En muchos de estos lugares, la aproximación tradicional para abastecer a estas comunidades es extender la red central. Esta aproximación es técnica y financieramente ineficiente, debido a una combinación de escasez de capital, servicio energético insuficiente, reducida fiabilidad de la red, extensión del tiempo de construcción y el reto que representa la construcción para conectar áreas remotas. Las microrredes financiadas y operadas de forma adecuada, basadas en recursos renovables y apropiados, pueden superar muchos de los retos que han enfrentado las estrategias tradicionales de iluminación o electrificación”.

¹⁷ Las redes de electricidad han evolucionado hacia *redes inteligentes*, que, de acuerdo con la *Smart Grids European Technology Platform* (<http://www.smartgrids.eu/>), son redes eléctricas que pueden integrar de forma inteligente las acciones de todos los usuarios conectados a ella (generadores, consumidores y aquellos que asumen ambas funciones) con el fin de entregar el suministro de electricidad de manera económica, eficiente, sostenible y segura.

¹⁸ El reciente manual de Hatziargyriou (2014) examina el funcionamiento de las microrredes (sus conceptos de control y arquitecturas avanzadas, incluyendo multi-microrredes) e incluye una amplia visión de las microrredes piloto exitosas en Europa, EE.UU., Japón, China y Chile, con una arquitectura centralizada o descentralizada de control. Los datos de costos y los diferentes modelos de mercado también se pueden encontrar en el libro.

Cabe destacar que, a pesar de que el concepto de energía distribuida se asocia frecuentemente con energía eléctrica, un análisis en mayor profundidad obliga a ampliar el espectro y pone de manifiesto la relevancia de otras formas de energía, cuya generación y consumo pueden resultar mucho más significativos en términos globales, en sectores prioritarios como el transporte y el sistema agroalimentario (ver secc. 2.1).

4. Lineamientos generales para la formulación de políticas

La planificación energética bajo el paradigma de la energía distribuida requiere de un nuevo enfoque que considere la heterogeneidad espacial, social y ecológica de los territorios. Acercar generación y consumo y gestionar el sistema energético, de tal forma que se compatibilicen y adapten mutuamente la demanda a la oferta energética renovable disponible, requiere de la participación social y de la disponibilidad de información abierta convenientemente georreferenciada.

La participación social facilita la identificación de los recursos renovables disponibles y las potencialidades y capacidades para desarrollar tecnologías apropiadas y apropiables. Un enfoque de participación que haga protagonistas a los habitantes de los territorios también permite un proceso de aprendizaje social sobre las problemáticas energéticas, que facilita su implicación y concientización hacia la necesidad de reconsiderar y adecuar la demanda de energía.

Los datos abiertos, georreferenciados y desagregados lo máximo posible, proporcionan información disponible para la toma de decisiones y para la reflexión y planteamiento de políticas energéticas adecuadas. Estos datos deben presentar múltiples dimensiones (social, demográfica, económica, energética, ecológica) para posibilitar la identificación de las interrelaciones relevantes para la planificación. En este sentido, el punto de partida para una adecuada planificación ha de ser necesariamente la identificación de usos finales de energía: uso doméstico (desagregado por componentes), industrial, transporte, sectores agrícolas y servicios. Paralelamente, resulta imprescindible caracterizar los recursos energéticos renovables disponibles en el territorio: solar, eólico, biomasa (incluyendo biomasa forestal), cuencas hidrográficas, recurso geotérmico o energía de las mareas. Una vez analizadas las características del territorio en términos de demanda y potenciales recursos energéticos renovables, debe abordarse el análisis de las tecnologías apropiadas y *apropiables*, de manera que se garantice la soberanía energética, evitando el desplazamiento desde una dependencia externa de recursos energéticos a una indeseable dependencia tecnológica.

Para el esbozo de unos principios generales en la formulación de políticas, se ha procedido a ilustrar el modelo de energía distribuida a través de cuatro casos de estudio, considerados ejemplos de buenas prácticas. El primero de ellos muestra cómo una comunidad pequeña y aislada ha sido capaz de satisfacer sus necesidades de energía eléctrica a través del desarrollo

de una infraestructura de pequeña escala de energía distribuida (microrred). El segundo caso de estudio, enfocado en la adopción de una infraestructura de energía hidroeléctrica a pequeña escala, ilustra los beneficios de una tecnología de energía distribuida fabricada localmente y controlada por los usuarios. El tercer caso de estudio presenta una evaluación de la fabricación local de tecnología de turbinas eólicas a pequeña escala, ampliamente utilizada en aplicaciones de electrificación rural, desarrollada por una comunidad global de usuarios. Finalmente, el espectro se completa con la presentación de la Red de promoción de biodigestores en Latino América y el Caribe (BioLAC). Todos ellos se encuentran desarrollados con mayor profundidad en el Anexo I al presente documento¹⁹.

4.1. Estudio de casos

4.1.1. Proyecto de microrredes de la comunidad de la isla de Kythnos (Grecia) (caso 1)

Kythnos es una pequeña isla griega situada en el mar Egeo. Como la mayoría de islas, Kythnos no está conectada a la red eléctrica de la Grecia continental. Dispone de una red eléctrica local que, sin embargo, no puede abastecer a todas las comunidades de la misma. Por ello, en el año 2001, se decidió instalar una microrred²⁰. Desde entonces, esta microrred ha proporcionado la electricidad para 12 casas situadas en un valle, alejadas unos 4 km de la red de media tensión más cercana (Hatziaargyriou *et al.*, 2007, Tselepis, 2010). El proyecto, pionero en Europa, se ha citado con frecuencia como ejemplo de alternativa de producción eléctrica local, económica y ambientalmente más sostenible mediante el uso de energías renovables. De este modo, ilustra un modelo de energía distribuida que ha permitido a una comunidad aislada ser eléctricamente autónoma mediante una alternativa más ecológica y sostenible.

4.1.2. Sistema de energía distribuida en Nepal basado en hidroeléctrica de pequeña potencia (caso 2).

La tecnología microhidráulica es una de las alternativas energéticas renovables más económicas para la electrificación rural. Está basada en el aprovechamiento de la diferencia de energía potencial entre pequeños saltos de agua de los ríos locales, con caudales de 5 a 20 litros por segundo. Es una opción de muy bajo impacto, segura y barata, si se eligen las tecnologías apropiadas y se lleva a cabo una planificación adecuada de su implementación, operación y mantenimiento. Existen multitud de proyectos microhidráulicos exitosos en países en vías de desarrollo, lo cual indica su gran adaptabilidad a las condiciones locales, su sostenibilidad y su contribución al desarrollo local de las comunidades. Los sistemas microhidráulicos (5 a 100 kW) desvían una pequeña parte del caudal de un río, sin la necesidad de construcción de grandes represas, que se utiliza para hacer girar unas turbinas con un generador eléctrico acoplado para la generación de electricidad, volviendo finalmente de nuevo al río.

¹⁹ Ver <http://flokociety.org/docs/Ingles/2/2.3.pdf>.

²⁰ En el contexto de los proyectos europeos PV-MODE (JOR3-CT98-0244) y MORE (JOR3CT98-0215)

En Nepal, alrededor del 63% de las viviendas no disponen de acceso a la electricidad (Banerjee *et al.*, 2010). Desde el comienzo de la era industrial en el país, en la década de 1960, se han instalado un total de 2.200 plantas microhidráulicas con una potencia total de 20 MW, que actualmente suministran electricidad a unas 200.000 viviendas (Handwerk, 2012). Alrededor de 65 compañías privadas proporcionan servicios relacionados con la implementación de proyectos microhidráulicos bajo el paraguas de la Asociación de Desarrollo Microhidráulico de Nepal. Por otro lado, las 323 instalaciones del programa RERL²¹ (*Renewable Energy for Rural Livelihood Program*) han creado más de 600 puestos de trabajo y han capacitado a más de 2.600 técnicos sobre la operación de estos sistemas. Programas similares se han llevado a cabo en otros países como Sri Lanka, Perú y Ecuador. En este último caso, ESMAP²² ha realizado estudios de base para establecer la hoja de ruta para el desarrollo de la tecnología picohidráulica (1-5 kw) mediante el análisis de mercado en los Andes, la capacitación técnica para instalar y mantener estos sistemas con proyectos de demostración y la colaboración con pequeñas empresas del sector para identificar las oportunidades crecientes de implantación de esta tecnología en el Ecuador.

4.1.3. Tecnologías abiertas de energía eólica para infraestructuras de energía distribuida (caso 3).

El grupo de investigación en electrificación rural (RurERG), que forma parte de la unidad de investigación en redes inteligentes (*Smart Rue*) de la Universidad Nacional de Atenas (NTUA), ha evaluado desde el año 2009 el desarrollo de pequeños aerogeneradores diseñados y fabricados localmente, en el marco de un proceso de validación del uso de hardware abierto (Open Source Hardware, OSHW) y energías renovables para la electrificación rural. El pequeño aerogenerador Hugh Piggott (HP) se ha utilizado como diseño de referencia del aerogenerador OSHW²³ ya que la mayoría de aerogeneradores fabricados localmente están basados en este diseño. Los manuales de diseño del aerogenerador Hugh Piggott (2008) son una referencia a nivel mundial para la construcción de pequeños aerogeneradores (se estima que se han fabricado más de mil localmente basándose en este diseño) y han demostrado ser una herramienta de gran utilidad para la difusión de esta tecnología, con traducciones a más de 10 idiomas. Muchas ONGs y otras asociaciones han utilizado estos manuales para la construcción de pequeños aerogeneradores para electrificación rural en países en vías de desarrollo. Paralelamente, han surgido grupos de entusiastas DIY (*do-it-yourself*, hazlo tú mismo) que organizan seminarios para explicar los detalles de este diseño. Por otro lado, desde el año 2012, la Wind Empowerment Association²⁴ está intentando conectar la mayoría de organizaciones implicadas en el desarrollo y fabricación de pequeños aerogeneradores alrededor del mundo. Su objetivo es conseguir fuentes de financiación y recursos humanos

²¹ Renewable Energy for Rural Livelihood Program. Ver también la Micro Asociación de Desarrollo Hidroeléctrico Nepal: <http://www.microhydro.org.np>.

²² Energy Sector Management Assistance Program, Ver Green *et al.*, (2005).

²³ Puede profundizarse sobre esta noción de OSHW y su contribución a las políticas de innovación ciudadana en el documento 4.1 del proyecto FLOK (Lazalde *et al.*, 2015).

²⁴ Ver <http://windempowerment.org/>.



para las actividades de estas entidades, así como promover la investigación tecnológica y compartir información técnica en el ámbito de la fabricación de pequeños aerogeneradores a nivel local.

4.1.4. Red de Biodigestores para América Latina y El Caribe (caso 4).

Los biodigestores son sistemas que aprovechan los residuos orgánicos procedentes principalmente de actividades agrícolas y ganaderas para la producción de biogás y un fertilizante natural mediante un proceso de digestión anaerobia. El biogás se puede utilizar como combustible para la cocina, la calefacción o incluso la iluminación. Respecto a instalaciones de un cierto tamaño, este combustible también se puede utilizar para la generación eléctrica mediante la alimentación de motores térmicos con generadores eléctricos acoplados. Al principio del desarrollo de esta tecnología, el fertilizante obtenido se consideraba un subproducto de escaso valor pero actualmente se considera un elemento tan importante como el biogás, ya que aumenta de forma importante la producción agrícola. Los biodigestores de bajo coste son una tecnología muy apropiada para las zonas rurales por su coste de inversión inicial reducido, operación sencilla, bajo mantenimiento y el hecho de que están disponibles tanto a pequeña como a gran escala. Estos biodigestores se han implementado en países en vías de desarrollo desde la década de 1980. Los primeros ejemplos de uso de esta tecnología consistían en biodigestores tubulares de PVC, diseñados en Taiwán en 1981. Basados en este diseño, en Etiopía y Colombia, se diseñó en 1987 el biodigestor flexible tubular continuo. En 1994, este diseño se adaptó para climas tropicales en Vietnam (1994).

La Red de Biodigestores para América Latina y el Caribe coordina los esfuerzos de diversas organizaciones implicadas en la investigación, desarrollo, difusión e implementación de biodigestores de bajo costo en nueve países de América Latina. Los miembros de la misma incluyen fabricantes, ONGs, centros de investigación y grupos de investigación de universidades. Sus objetivos principales son el intercambio de información y experiencias; la identificación de las barreras técnicas, económicas, sociales y ambientales; la difusión de la tecnología de biodigestores de bajo coste; coordinación de la investigación y desarrollo entre los miembros y, finalmente, promover acciones políticas para el desarrollo e implementación de esta tecnología. Desde su nacimiento, este organismo se ha convertido en una plataforma muy activa para el intercambio de conocimiento.

En síntesis, el examen de estos casos de estudio permite identificar un conjunto de condiciones facilitadoras y potenciadoras, a partir de las que resulta posible extraer una serie de principios generales para guiar los esfuerzos de formulación de políticas dirigidas a reforzar el desarrollo de una sociedad post-combustible fósil que respete los derechos de la naturaleza:





4.2. Principios generales

4.2.1. Democratización de los medios de producción de energía

Como puede observarse en el caso de la implementación de la microrred en Kythnos y de las infraestructuras de energía hidroeléctrica de pequeña escala en Nepal, el efecto más visible de la adopción de estructuras distribuidas de generación de energía es la transformación de los consumidores en productores y de sus hogares en unidades productivas. Los modelos distribuidos, como los modelos basados en microrredes, implican la democratización de los medios de producción a través del uso de sistemas de producción compartidos y de propiedad colectiva, puesto que la infraestructura tecnológica subyacente para la generación de energía no está concentrada en grandes centrales eléctricas, sino instalada en los propios hogares de los usuarios finales. Los consumidores de energía, por lo tanto, se hacen responsables de la operación diaria y de la gestión de esta infraestructura. Esta inversión de los usuarios en los agentes de producción es la condición más importante para la emergencia del modelo basado en el procomún y la producción entre iguales en el ámbito energético.

4.2.2. Importancia de la inversión en alfabetización energética

La transición hacia modelos energéticos distribuidos conlleva significativos costos en el proceso de cambio, puesto que se requiere que los usuarios individuales (hogares) y las comunidades inviertan en familiarizarse con nuevas tecnologías, que tienen que aprender a operar. Sin el desarrollo y la difusión de una *alfabetización energética* entre los usuarios finales, los intentos de poner en marcha proyectos de energía distribuida están destinados a fracasar. Éste es el motivo por el que el diseño y la implementación de tales proyectos suele ir acompañado de cursos de formación dirigidos a proporcionar a los usuarios finales las habilidades requeridas para operar las tecnologías que serán instaladas en sus hogares y comunidades. En este sentido, los cursos de capacitación son vehículos para la transferencia de conocimientos a las comunidades locales, que les permitirán convertirse en sujetos autónomos energéticamente.

4.2.3. Desarrollo conducido por la comunidad y participación del usuario

Los modelos energéticos distribuidos evolucionaron a partir de la demanda para responder a las necesidades de las comunidades y hogares individuales, situados a menudo en regiones remotas, que fueron inadecuadamente provistas, o absolutamente carentes, de suministro energético por parte de la infraestructura centralizada preexistente. Su desarrollo ha sido en gran parte *de abajo hacia arriba*, iniciado y llevado a cabo por pequeñas comunidades locales, que han tomado la iniciativa de poner en marcha una infraestructura más adaptada a sus necesidades, algo más sencillo cuando se comparten de usuario a usuario que cuando se imponen de arriba hacia abajo. Como los propios usuarios serán los responsables de la operación y la gestión de estas tecnologías en el día a día, es esencial que estén involucrados en el proceso del diseño e implementación de los proyectos de energía distribuida. Consecuentemente, resulta crucial asegurar la participación de los usuarios finales y las





comunidades locales en el proceso de formulación de políticas, transformando este proceso en un "modo del aprendizaje social, en lugar de un ejercicio de la autoridad política" (Pretty *et al.*, 2002). Tal participación no solo da legitimidad a los programas de transición, ya que se han diseñado y puesto en práctica conjuntamente con los usuarios finales y sus comunidades, sino que también los *empodera*, contribuyendo a asegurar que las políticas son realmente receptivas respecto a sus necesidades.

4.2.4. Código abierto y tecnología apropiada

Los proyectos de energía distribuida se caracterizan por su amplio uso de las tecnologías de código abierto, como las turbinas eólicas abiertas o los biodigestores, por múltiples razones. En primer lugar, las tecnologías de código abierto, dado que la información de diseño está disponible gratuitamente, bajo licencias libres, permiten que la comunidad en general participe en su proceso de diseño y desarrollo, lo que resulta en una rápida mejora en el rendimiento y la reducción de los costos de producción (Benkler, 2006; Dafermos, 2014). A título indicativo, el costo de las tecnologías de energía hidroeléctrica de código abierto a pequeña escala, en un ámbito de fabricación local, es de aproximadamente un tercio de los productos propietarios equivalentes (Practical Action, 2014) y pueden aplicarse esos mismos supuestos para las tecnologías de turbina eólica de pequeña escala fabricadas en un contexto local (Pearce, 2012). Sin embargo, la importancia de las tecnologías de código abierto no se limita a la reducción de costes y las mejoras en el rendimiento, posible a través de su desarrollo distribuido por el acoplamiento flexible de una comunidad de investigadores, profesionales y aficionados repartidos por todo el mundo. Igualmente importante es el hecho de que las tecnologías de código abierto se han diseñado con el principio de sostenibilidad ambiental en mente y de tal modo que sean fácilmente reparables y modificables por los usuarios finales. En ese sentido, representan el paradigma de lo que se denomina diseño sostenible de una tecnología apropiada (Pearce, 2012; Wikipedia, 2015b): están diseñadas para durar, en lugar de ser eliminadas y reemplazadas por nuevas tecnologías, "utilizan menos energía, menos recursos limitados, no agotan los recursos naturales, no contaminan directa o indirectamente el medio ambiente, y pueden ser reutilizadas o recicladas al final de su vida útil" (Wikipedia 2015a).

5. El marco ecuatoriano de política energética

5.1. El sector energético en Ecuador

Con el inicio de la explotación petrolera en la región amazónica, en el año 1972, empieza a producirse un cambio en la estructura productiva del país y una dinamización de la economía nacional, adoptándose un modelo extractivista con alta vulnerabilidad en función de la variación de los precios del petróleo. Considerando la alta dependencia de un recurso no renovable cuyo aprovechamiento tiene un horizonte que solo puede extenderse hasta un determinado límite, el Gobierno ha emprendido el proceso de transformación de la estructura



económica del país, basado en la diversificación de la matriz productiva, coherente con la visión de desarrollo sustentable e inclusión social.

Cabe señalar que, como consecuencia de los cambios experimentados en el modelo económico y en la estructura institucional del sector energético, la sistematización de la información y la realización de prospectiva energética no han constituido una prioridad en gobiernos anteriores, por lo que se carece de antecedentes en el ámbito institucional de estudios de prospectiva energética en el país. El análisis y evaluación del proceso de cambio de la matriz energética nacional hace necesario disponer de una imagen clara de la situación de la oferta y la demanda de energía, información que no ha sido sistematizada ni consolidada de manera oficial durante el periodo 1989-2012. Con el propósito de retomar, 25 años después, una actividad que constituye un componente clave en el marco de la prospectiva, establecimiento de políticas y planificación energética, el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos elaboró el Balance Energético Nacional 2013, conjuntamente con las series históricas 1995-2012²⁵. Cabe mencionar que para el desarrollo de las actividades descritas fue necesaria la contratación de consultorías externas, en vista de que no se disponía de las capacidades técnicas institucionales, por lo que el desarrollo de estas capacidades constituye un elemento clave para poder realizar estas actividades localmente. Las competencias en prospectiva energética nacional serán próximamente asumidas por el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), que deberá integrar la información energética del país, proporcionada por los diversos actores, como una herramienta clave de apoyo para la planificación energética.

El Balance Energético Nacional 2013 permite así evaluar la oferta y demanda de energía en el contexto nacional, presentando la información histórica a partir de 1995 hasta 2012, para hacer un análisis comparativo de la evolución de las variables que describen el sector energético ecuatoriano.

Tabla 1. Resumen ejecutivo de energéticos de Ecuador (2000, 2011 y 2012)

²⁵ Ver MICSE (2013). Este esfuerzo requirió la obtención y procesamiento de toda la información energética disponible desde el año 1995 hasta el año 2012, referente a la producción, comercio internacional (importaciones y exportaciones), transformación y consumo de todas las fuentes de energía en todos los sectores económicos del país; posteriormente, en marzo del 2013, se ha actualizado la información relativa a la matriz energética nacional. En el momento actual, se están realizando las gestiones pertinentes para que se realice una actualización de prospectiva, que permitirá comprender la evolución de los flujos de energía en un horizonte de largo plazo.

| | Unidades | 2000 | 2011 | 2012 |
|---|-----------|---------|-----------|-----------|
| ENERGÍA PRIMARIA | | | | |
| Producción total de energía | MBEP | 167.033 | 207.493 | 211.098 |
| | MBEP | 150.625 | 188.174 | 189.926 |
| Producción total de petróleo | MBBL/año | 146.180 | 182.621 | 184.321 |
| | MBBL/día | 400 | 500 | 505 |
| Exportación total de petróleo | MBEP | 89.969 | 125.433 | 133.454 |
| | *MBBL/año | 87.314 | 121.732 | 129.516 |
| | *MBBL/día | 239 | 334 | 355 |
| Producción total de gas natural (1) | MBEP | 6.321 | 8.403 | 9.214 |
| | **MMcf | 37.326 | 49.621 | 54.408 |
| Carga total a centros de transformación | MBEP | 77.132 | 89.194 | 89.791 |
| Carga a refinería | MBEP | 65.079 | 63.470 | 62.182 |
| | *MBBL | 63.159 | 61.597 | 60.347 |
| ENERGÍA SECUNDARIA | | | | |
| Producción total de energía | MBEP | 70.148 | 73.865 | 73.313 |
| Producción de electricidad | GWh | 10.612 | 20.544 | 22.848 |
| Producción de diesel | MBEP | 14.205 | 14.087 | 13.212 |
| | miles gal | 595.699 | 590.759 | 554.079 |
| Importación de diesel | MBEP | 2.837 | 15.112 | 17.048 |
| | miles gal | 118.965 | 633.749 | 714.961 |
| Producción de gasolinas y naftas | MBEP | 11.542 | 10.983 | 10.827 |
| | miles gal | 542.601 | 516.332 | 508.986 |
| Importación de gasolinas y naftas | MBEP | 1.312 | 11.267 | 12.715 |
| | miles gal | 61.666 | 529.657 | 597.734 |
| Producción de GLP | MBEP | 2.044 | 1.947 | 1.903 |
| | miles kg | 267.869 | 255.170 | 249.399 |
| Importación de GLP | MBEP | 3.159 | 6.523 | 6.039 |
| | miles kg | 414.084 | 854.951 | 791.444 |
| CONSUMO DE ENERGÍA (2) | | | | |
| Consumo total de energía (3) | MBEP | 60.237 | 93.629 | 97.104 |
| Consumo energético sector transporte | MBEP | 25.069 | 45.121 | 46.045 |
| Consumo energético sector industrial | MBEP | 11.476 | 15.572 | 16.594 |
| Consumo de electricidad | GWh | 7.904 | 18.175 | 19.377 |
| Consumo de diesel | MBEP | 15.905 | 27.024 | 28.356 |
| | miles gal | 667.000 | 1.133.303 | 1.189.180 |
| Consumo de gasolinas y naftas | MBEP | 10.804 | 20.443 | 21.277 |
| | miles gal | 507.918 | 961.072 | 1.000.278 |
| Consumo de GLP | MBEP | 5.181 | 7.922 | 8.048 |
| | miles kg | 678.967 | 1.038.314 | 1.054.753 |

*MBBL: miles de barriles. **MMcf: Millones. (1) Al 2012, la producción de gas natural asociado comprende el 83% de la producción total de gas. (2) Incluye consumo propio. (3) Incluye No energéticos.

Fuente: MICSE (2013: 17).

Conforme a los datos registrados en el balance para el año 2012, el petróleo representa el 90% de la producción total de energía primaria en Ecuador. Se observa un incremento en la exportación de energía, justificada por el petróleo, que tiene una participación del 92,9% en el total (129,5 millones de barriles en el año 2012). Las importaciones de energía secundaria han

presentado igualmente una tendencia ascendente, principalmente por el incremento de las importaciones de gasolinas y diésel, que representan el 32,8% y 44% del total importado, respectivamente. Por otra parte, se detecta una tendencia de incremento en el consumo final de energía, así como la reducción de la intensidad energética (indicador de la eficiencia energética de la economía), como consecuencia de una mayor velocidad en la tasa de crecimiento del PIB en relación a la del consumo energético.

En el año 2012, la estructura de generación eléctrica respondía a un esquema de generación de 53,6% hidráulica, 45,1% térmica y 1,3% de fuentes renovables no convencionales. En los próximos años, se espera un cambio significativo, alcanzando para finales de 2016 un 92,5% de generación hidroeléctrica en el sistema nacional. En términos generales, entre los años 2007 y 2013, el Gobierno ecuatoriano invirtió más de 21.000 millones de dólares en el sector energético, de los que 12.600 corresponden al sector de hidrocarburos y 4.900 al sector eléctrico.

El transporte constituye el sector con mayor demanda energética y con un mayor crecimiento durante las cuatro últimas décadas, pasando de representar en promedio el 33% de la energía final durante la década de 1970, al 52% en la década del 2000, alcanzando en el año 2012 el 55,3% de la energía final. Un elemento clave y que ha influido fuertemente en este crecimiento son los subsidios a derivados de petróleo, ya que mayoritariamente son tales los combustibles base en este sector, especialmente gasolina (43,9%) y diésel (42,6%). Actualmente, el subsidio gubernamental a los combustibles derivados del petróleo representa una inversión de 4.594 millones de dólares, de los que aproximadamente 700 millones corresponden al subsidio al gas. Este subsidio permite diferenciar el precio del GLP²⁶ ecuatoriano respecto al precio internacional: el precio oficial del gas en Ecuador es de 1,6 USD por tanque de 15 kilos, mientras que en Perú bordea los 20 y en Colombia los 25, lo que provoca además situaciones de tráfico ilegal y fuga del combustible hacia los países vecinos por medio de pasos fronterizos irregulares. En todo caso, el Gobierno ha anunciado la intención de eliminar el subsidio para el año 2016²⁷.

Dada la importante demanda de estos combustibles, el gobierno del Ecuador ha promovido la iniciativa de aumentar su producción en la nueva Refinería del Pacífico. Esta estrategia ahonda en el uso del petróleo y permite a medio plazo reducir la importación de costos derivados de petróleo para uso interno, aunque no plantea alternativas de otras fuentes, a largo plazo, para afrontar el fin de la era petrolera en el país en los próximos 20 años.

Con respecto a otros sectores, cabe señalar que el sector industrial representa el 20% del consumo energético, 15%, el sector residencial y tan solo el 10% el resto de sectores (comercial, agrícola, construcción y otros). Por su parte, el consumo energético per cápita se

²⁶ El gas licuado del petróleo (GLP) es la mezcla de gases licuados presentes en el gas natural o disueltos en el petróleo.

²⁷ Ver El Comercio, 7 de agosto de 2013, <http://www.elcomercio.com/opinion/editorial/del-subsidio-al-gas-2016.html>.

ha visto también incrementado en los últimos años, presentando en el año 2012 un valor promedio de 5,18 barriles equivalentes de petróleo por habitante. Por su parte, el consumo eléctrico per cápita fue en promedio de 1.273 kWh por habitante en el año 2012.

5.2. Marco para la definición de políticas energéticas en el contexto ecuatoriano

La Constitución del Ecuador de 2008 destaca que la energía en todas sus formas "es un sector estratégico²⁸ con influencia decisiva económica, social, política y ambiental" (art. 313), subrayando la necesidad de garantizar la soberanía energética (arts. 15, 284, 304 y 334) bajo criterios de sostenibilidad ambiental, tal y como se refleja explícitamente en los artículos 15²⁹ y 408³⁰.

Por su parte, el Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 (PNBV) define al sector energético como "el flujo sanguíneo del sistema productivo", por lo que muchos de sus objetivos remiten, explícita o implícitamente, a este sector, bajo un paradigma transversal en el que la sostenibilidad y el conocimiento común y abierto³¹ se presentan como conceptos fundamentales. El PNBV 2013-2017 propone "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" (política 11.1³²). Paralelamente, la sostenibilidad representa un elemento clave y así se refleja en el objetivo 7 "Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global", en el que se incluyen las siguientes políticas:

7.7. Promover la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles como medida de prevención de la contaminación ambiental.

²⁸ Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social.

²⁹ El art. 15 señala "El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua".

³⁰ El art. 408 indica "El Estado garantizará que los mecanismos de producción, consumo y uso de los recursos naturales y la energía preserven y recuperen los ciclos naturales y permitan condiciones de vida con dignidad".

³¹ La estrategia de acumulación, distribución y redistribución, en concordancia con el Programa de Gobierno 2013-2017, propone una gestión del "conocimiento común y abierto". Este modelo de gestión incluye la generación de ideas creativas, su aprovechamiento, la potencial producción de nuevos bienes y servicios y la distribución de sus beneficios. La gestión del conocimiento (visto como un bien público, común y abierto) expresa un principio según el mandato constitucional y es económicamente más eficiente que los modelos cerrados (Movimiento Alianza PAIS, 2012).

³² La política 11.1 se enmarca en el objetivo 11 del PNBV, "Asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica".

a. Implementar tecnologías, infraestructuras y esquemas tarifarios, para promover el ahorro y la eficiencia energética en los diferentes sectores de la economía.

b. Promover investigaciones para el uso y la generación de energías alternativas renovables, bajo parámetros de sustentabilidad en su aprovechamiento.

c. Reducir gradualmente el uso de combustibles fósiles en el transporte y sustituir los vehículos convencionales, fomentando la movilidad sustentable.

d. Elaborar un inventario de fuentes y demanda de energías renovables y no renovables, así como de sus emisiones, incorporando alternativas tecnológicas.

7.10. Implementar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático para reducir la vulnerabilidad económica y ambiental con énfasis en grupos de atención prioritaria.

De manera adicional, las implicaciones de política energética subyacen en objetivos como el impulso a la transformación de la matriz productiva (objetivo 10) y la mejora de la calidad de vida de la población (objetivo 3³³).

Por otra parte, la estrategia para la transformación de la matriz energética señala como componente esencial que la participación de las energías renovables debe incrementarse en la producción nacional. Para el cumplimiento de este objetivo, la estrategia señala que los proyectos hidroeléctricos del Plan Maestro de Electrificación deben ejecutarse sin dilación, a la par que deben impulsarse los proyectos de utilización de otras energías renovables: geotermia, biomasa, eólica y solar. Al constituir el sector de transporte el principal consumidor de energía, se vuelve imprescindible trabajar sobre este sector, buscando la eficacia y eficiencia del sistema.

La transformación de la matriz productiva y el proceso de transformación del patrón de especialización de la economía ecuatoriana persiguen la inserción estratégica y soberana en el contexto internacional. Los sectores priorizados y las industrias estratégicas, entre las que se encuentra la industria de renovables, serán los que faciliten la articulación efectiva de la política pública y la materialización de esta transformación³⁴. Tal y como ha analizado la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), este proceso debe posibilitar:

- Contar con nuevos esquemas de generación, distribución y redistribución de la riqueza.
- Reducir la vulnerabilidad de la economía ecuatoriana.
- Eliminar las inequidades territoriales.

³³ En el Objetivo 3 se establece como lineamiento, en el marco de la política "3.9. Garantizar el acceso a una vivienda adecuada, segura y digna", d) Promover la construcción de viviendas y equipamientos sustentables que optimicen el uso de recursos naturales y utilicen la generación de energía a través de sistemas alternativos.

³⁴ Finalmente, entre los principales planes y proyectos de expansión de la infraestructura energética, así como de las perspectivas de importación y exportación de recursos energéticos, destacan el Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, el Plan de Reducción de Pérdidas de Energía Eléctrica, el Plan de Manejo Ambiental, el Plan de Mejoramiento de la Distribución y el Plan Maestro de Hidrocarburos, entre los programas de mayor relevancia para el sector.

- Incorporar a los actores que históricamente han sido excluidos del esquema de desarrollo de mercado.

A modo de resumen, cabe señalar que tanto la Constitución como el Plan Nacional de Desarrollo conceden apoyo político explícito a la transformación de la matriz productiva y energética hacia una economía de combustible post-fósil, alimentada por fuentes de energía renovables. Tomando como punto de partida las políticas expuestas, la siguiente sección del documento se centra en el planteamiento de recomendaciones específicas que contribuyan a este deseable proceso de transformación.

6. Recomendaciones de políticas públicas

El objetivo de esta sección es presentar orientaciones de políticas públicas para iniciar las transiciones descritas, dentro del marco de las políticas y programas preexistentes. Previo al planteamiento de recomendaciones específicas, cabe precisar algunas observaciones, considerando los distintos componentes de oferta y demanda de la matriz energética.

En primer lugar, es importante tener presente que una matriz eléctrica tan poco diversificada presenta riesgos en cuanto a su capacidad de adaptación al cambio climático y su impacto en la generación hidroeléctrica, en particular respecto a cambios de los patrones de lluvia y de las temperaturas en las cuencas hidrológicas. Del mismo modo, debe prestarse la debida atención a los diversos estudios previos que cuestionan la estrategia de puesta en marcha de grandes centrales hidroeléctricas. En un trabajo recientemente desarrollado en la Universidad de Oxford se sugiere que, en la mayoría de los países, las grandes represas hidroeléctricas representarán un costo demasiado elevado en términos absolutos y su periodo de construcción será demasiado extenso como para proporcionar una rentabilidad positiva, a menos que se adopten una serie de medidas adecuadas de gestión de riesgos (véase Ansar *et al.*, 2014). Los autores recomiendan, especialmente en los países emergentes, que, en la definición de políticas públicas, los tomadores de decisiones prioricen alternativas energéticas más ágiles, que, con recursos energéticos renovables, puedan ser construidas en horizontes de tiempo más cortos, en lugar de apostar por megaproyectos energéticos.

En la hoja de ruta presentada recientemente por IRENA (2014), las ventajas económicas para una transición energética hacia energías renovables son aun más fuertes cuando se incluyen los beneficios socio-económicos, como la mitigación del cambio climático, el impacto en la salud y la creación de empleo. Una alta participación de energías renovables proporciona flexibilidad, aumenta la independencia y hace que el suministro total de energía resulte más fiable y asequible. En el informe se hace especial énfasis en el potencial de los edificios para la transformación hacia una matriz basada en energías renovables; en este sentido, es importante combinar la dimensión energética con la arquitectónica, garantizando un máximo aprovechamiento.

Sin duda, el sector del transporte constituye un campo de acción prioritario: el objetivo de movilidad sostenible requiere una profunda transformación del sector, disminuyendo con carácter urgente el consumo de combustibles fósiles, mejorando la planificación y promoviendo el cambio de patrones de comportamiento. La inversión en políticas y sistemas de transporte más eficientes y eficaces no solamente traerá consigo una importante reducción en la importación de combustible (con el consiguiente ahorro de divisas), sino que de manera adicional presenta el mayor potencial de reducción de la contaminación. De cara a mejorar el comportamiento del transporte de carga, deben analizarse acciones desde la perspectiva del ordenamiento territorial, para reducir las necesidades de transporte, o medidas de sustitución total o parcial del transporte carretero por transporte ferroviario o fluvial. Para el transporte de pasajeros, es necesario reflexionar sobre modelos económicos alternativos que reduzcan al menos parcialmente los subsidios a los derivados del petróleo, para desincentivar así el uso del vehículo privado. Paralelamente, se debería incentivar la compra de vehículos de bajo consumo e impulsar alternativas de transporte de calidad basadas en otras fuentes energéticas. A nivel urbano, debe promoverse el transporte público de calidad, impulsando medios de transporte masivo eléctrico como tranvías, metro o trolebús, e incluso se puede analizar la viabilidad de pequeños vehículos eléctricos, como motocicletas y pequeños autos. Por otro lado, también es necesario que los municipios impulsen iniciativas para el uso de la bicicleta para desplazamientos de proximidad. Otra opción a valorar es la introducción de biocombustibles pero es importante estudiar en profundidad su viabilidad técnico-económica y sus impactos ambientales y sociales, para tomar decisiones de forma acertada sobre sus posibilidades de implementación.

Bajo esta perspectiva de transición, se hace también necesaria una reconversión productiva del sector agropecuario, para reducir la dependencia de los combustibles fósiles a la vez que se reorienta el consumo hacia la producción local, reduciendo las necesidades de transporte. Si no se realiza esta reconversión de manera programada, la crisis del petróleo lo hará pero con costos sociales mucho mayores. Entre las acciones sugeridas, cabe mencionar la introducción de prácticas agroecológicas que reduzcan el consumo de agua y agroquímicos, la reducción del uso de maquinaria aumentando la mano de obra humana y animal, la utilización de fuentes energéticas endógenas (biogás, biomasa, biocombustibles), la reorientación de la producción agropecuaria hacia los mercados locales o el favorecimiento del consumo de alimentos producidos localmente³⁵.

En este marco de definición de políticas públicas, en el espacio de discusión mantenido durante la Cumbre del Buen Conocer, celebrada en Quito del 27 al 30 de mayo 2014, se han identificado lineamientos estratégicos, con el apoyo clave de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) y la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), sobre los que se sugieren las siguientes

³⁵ Ver CEDA (2012). Además, puede profundizarse en las recomendaciones en materia agraria en Dafermos y Vivero-Pol (2014).



políticas, que contemplan como objetivo prioritario el aprovechamiento del potencial del conocimiento libre en el contexto ecuatoriano:

1. Definir e implementar una agenda regulatoria de eficiencia energética y energías renovables.
2. Promover medidas de eficiencia energética y energías renovables en el cambio de la matriz productiva, mediante la implementación de tecnologías energéticas apropiadas y apropiables.
3. Implementar un nuevo paradigma y protocolos de planificación energética, basados en la participación social territorial en el diagnóstico energético: identificación de necesidades, capacidades y recursos disponibles, con énfasis en su conservación y el empleo de tecnologías apropiadas. Planificar desde la diversidad territorial.
4. Promover la generación, acceso y difusión de la información desagregada, georreferenciada y abierta sobre el sistema energético.
5. Democratizar la prestación de servicios energéticos.
6. Crear espacios y mecanismos de articulación de capacitación, investigación, innovación y producción entre el estado y la sociedad civil.
7. Incluir cláusulas de conocimiento abierto en los contratos de las empresas públicas del sector eléctrico de Ecuador.
8. Promover proyectos de ingeniería inversa en las empresas públicas ecuatorianas para la generación de conocimiento común y abierto en el ámbito de la energía.
9. Tal y como se explicita en el PNBV, en la articulación del sector de conocimiento y educación al sector productivo, uno de los retos inmediatos es consolidar una institucionalidad intersectorial con mecanismos eficientes de traducción del conocimiento a la generación de nuevos productos y medios de producción. Resulta imprescindible, para impulsar la innovación social, coordinar eficazmente los entes de investigación, el organismo rector de la propiedad intelectual, las diversas unidades productivas públicas, privadas, mixtas, cooperativas, asociativas y comunitarias (siempre privilegiando las solidarias) y los diversos actores de la sociedad.

De cara a la implementación efectiva de las mencionadas políticas, se sugiere la puesta en marcha de una serie de proyectos productivos, en principio planteados como proyectos piloto, pero cuyo carácter de demostración posibilita un efecto multiplicador y escalable:





1. Diseño de una metodología participativa de planificación energética y educación popular con enfoque de territorio: identificación de usos finales y necesidades, recursos energéticos renovables y tecnologías apropiadas y apropiables.
2. Red de laboratorios de innovación energética para la articulación de educación, investigación, innovación y producción: espacios productivos y de capacitación sobre generación y aprovechamiento energético con tecnologías apropiadas y abiertas.
3. Uso local de biomasa: se ha analizado la implementación de una planta de extracción de aceite de palma a pequeña escala para usos locales de maquinaria agrícola en Quinindé. La planta se alimentaría con aceite proveniente de microproductores a través de policultivos de agroforestería, siendo el manejo en cooperativa.
4. Análisis integral de recursos energéticos: se plantea la identificación de fuentes energéticas renovables y diseño de un sistema energético integral en función de las necesidades con una experiencia piloto en la zona de frontera en Loja, analizando el modelo adecuado de gestión para que pueda ser sostenible a largo plazo.
5. Implementación de una red *microgrid-smart grid* (ver sección 3 sobre microrredes), siendo Galápagos el posible emplazamiento geográfico para el proyecto piloto.
6. Electrificación con pequeña eólica de un taller de fabricación de maquinaria agrícola y aerogeneradores de tecnología abierta. Se plantea como posible escenario el desarrollo del proyecto en Sigchos.

7. Referencias bibliográficas

- Alanne, K. y Saari, A. (2006) “Distributed energy generation and sustainable development”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10: 539-58.
- Ansar, A. Flyvbjerg, B., Budzier, A. y Lunn, D. (2014) “Should we build more large dams? The actual costs of hydropower megaproject development”, *Energy Policy*, 69: 43–56.
- Ariza-Montobbio, P.; Farrell, K.N., Gamboa, G. y Ramos-Martin, J., (2014) “Integrating energy and land-use planning: socio-metabolic profiles along the rural–urban continuum in Catalonia (Spain)”, *Environment, Development and Sustainability*, 16, 4: 903-24.
- Banerjee, S. G., Singh, A. y Samad, H.A. (2010) *Power and People: Measuring the benefits of renewable energy in Nepal*. World Bank, South Asia Energy Unit, Sustainable Development Dept.
- Bauwens, M. (2009) “Setting the broader context for P2P infrastructures: The long waves and the new social contract”, *Re-public (Special Issue on P2P Energy)*, archivo del autor.
- Benkler, Y. (2006) *The Wealth of Networks: How Social Production Transforms Markets and Freedom*. Yale University Press
- Bunker, S.G. (2007) “Natural Values and the Physical Inevitability of Uneven Development under Capitalism” in A. Hornborg, J.R. McNeill y J. Martínez-Alier (eds.), *Rethinking*



- Environmental History: World-system History and Global Environmental Change*, Rowman Altamira: 239-57.
- Bunker, S.G. (1984) “Modes of Extraction, Unequal Exchange, and the Progressive Underdevelopment of an Extreme Periphery: The Brazilian Amazon, 1600-1980”, *The American Journal of Sociology*, 89, 5: 1017-64.
- CEDA, Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental (2012) *Ecuador ¿estamos en transición hacia un país pospetrolero?*, Quito, disponible en http://www.redge.org.pe/sites/default/files/Ecuador_pais_pospetrolero.pdf (última consulta, 28-1-2015).
- Dafermos, G. (2014) *Distributed manufacturing v1.0*, policy paper 2.4 FLOK Society project, Quito: IAEN, disponible en <http://flokociety.org/docs/Ingles/2/2.4.pdf> (última consulta, 31-1-2015).
- Dafermos, G. y Vivero-Pol, J.L. (2015) *Agricultura abierta y sustentable*, documento de política pública 2.1 proyecto FLOK Society, Quito: IAEN, disponible en (última **consulta**)
- D'Alisa, G. y Cattaneo, C. (2012) “Household work and energy consumption: a degrowth perspective. Catalonia's case study”, *Journal of Cleaner Production*, 38, 71-9.
- FAO (2011) *Energy-Smart Food for People and Climate. Issue Paper*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, disponible en <http://www.fao.org/publications/card/es/c/322a07bf-b2e2-5b6a-8e1a-dbbff237a135/> (última consulta, 31-1-2015).
- Fischer-Kowalski, M. (1997) “Society’s metabolism: on the childhood and adolescence of a rising conceptual star” en M. Redclift y G. Woodgate (eds.) *The International Handbook of Environmental Sociology*. Northampton, MA: Edward Elgar Pub.
- Gamboa, G. (2009) *Application of the MuSIASEM approach to the analysis of the household sector: the supply and requirement of working hours to/from the service sector in Catalonia*, Report of the Catalonia case study Deliverable 8, WP 3 - Document C. Synergies in Multi-scale Inter-Linkages of Eco-social systems (SMILE), disponible en <http://www.smile-fp7.eu/deliverables/SMILE%20D8%20Document%20C.pdf> (última consulta, 29-1-2015).
- Giampietro, M., Mayumi, K. y Ramos-Martin, J., (2009) “Multi-scale integrated analysis of societal and ecosystem metabolism (MuSIASEM): Theoretical concepts and basic rationale”, *Energy* 34: 313-322, disponible en http://www.liphe4.org/pdf/Giampietro_et_al_2009.pdf (última consulta, 29-1-2015).
- Giljum, S. y Eisenmenger, N. (2004) “North-South Trade and the Distribution of Environmental Goods and Burdens: a Biophysical Perspective”, *The Journal of Environment & Development*, 13, 1: 73-100.
- Gómez M. (2008) *Sistema de generación eléctrica con pila de combustible de óxido sólido alimentado con residuos forestales y su optimización mediante algoritmos basados en nubes de partículas*, Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Green, J.; Fuentes, M.; Rai, K. y Taylor, S. (2005) *Stimulating the Picohydropower Market for Low-Income Households in Ecuador*, World Bank-ESMAP Technical Report, disponible en <http://documents.worldbank.org/curated/en/2005/12/6755214/stimulating-picohydropower-market-low-income-households-ecuador> (última consulta, 31-1-2015).
- Handwerk, B. (2012) “Nepal's mountain villages tap the power of "eternal snows" with micro-hydro”, *National Geographic*, 20-7-2012, disponible en

<http://newswatch.nationalgeographic.com/2012/07/20/nepals-mountain-villages-tap-the-power-of-eternal-snows-with-micro-hydro/> (última consulta, 31-1-2015).

- Hatziargyriou, N. (ed.) (2014) *Microgrids: Architectures and Control*. Wiley-IEEE Press
- Hatziargyriou, N., Asano, H., Iravani, R. y Marnay, C. (2007) "2Microgrids: An Overview of Ongoing Research, Development, and Demonstration Projects", *IEEE Power & Energy Magazine*, 5, 4: 78-94.
- Hawken, P.; Lovins, A. y Lovins, H. (1999) *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*. NY: Little, Brown & Company.
- Hornborg, A. (1998) "Towards an ecological theory of unequal exchange: articulating world system theory and ecological economics", *Ecological Economics*, 25: 127-36.
- Hornborg, A., McNeill, J.R. y Martínez-Alier, J. (2007) *Rethinking Environmental History: World-system History and Global Environmental Change*, Rowman Altamira.
- IRENA (2014) *REmap 2030: A Renewable Energy Roadmap*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, disponible en www.irena.org/remap (última consulta, 1-2-2015).
- Latouche, S. (2009/2006) *La apuesta por el decrecimiento*, Barcelona: Icaria.
- IEA (2012) *World Energy Outlook. Executive summary*, International Energy Agency, disponible en <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2012/> (última consulta, 29-1-2015).
- Kempener, R., Komor, P. y Hoke, A. (2013) "Smart Grids and Renewables. A Guide for Effective Deployment", *Working Paper International Renewable Energy Agency (IRENA)*. disponible en http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/smart_grids.pdf (última consulta, 29-1-2015).
- Lazalde, A.; Torres, J. y Vila-Viñas, D. (2015) Hardware libre. Recomendaciones para el fomento de la innovación ciudadana, documento de política pública 4.1 FLOK Society, Quito: IAEN, disponible en
- Martinez-Alier, J. (1987) *Ecological economics. Energy, environment and society*, Oxford: Blackwell.
- MICSE (2013) *Balance Energético Nacional 2013. Año base 2012. Series históricas 1995-2012*, Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, disponible en <https://www.sectoresestrategicos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/Balance-Energe%CC%81tico-Nacional-2013-base-2012.pdf> (última consulta, 31-1-2015).
- Movimiento Alianza PAIS (2012) *Programa de Gobierno 2013-2017. Gobernar para profundizar el Cambio: 35 propuestas para el socialismo del Buen Vivir*, disponible en https://programagobiernopais.files.wordpress.com/2012/11/programa_de_gobierno_2013-20171.pdf (última consulta, 1-2-2015).
- Mumford, L. (1963) [1934] *Technics and Civilization*, NY: Harcourt.
- OECD, World Bank y United Nations (2012) *Incorporating Green Growth and Sustainable Development Policies into Structural Reform Agendas*, G20 Report on Green Growth and Sustainable Development, Los Cabos, 18 y 19 junio, disponible en http://www.oecd.org/g20/topics/energy-environment-green-growth/G20_report_on_GG_and_SD_final.pdf (última consulta, 29-1-2015).
- Papanikolaou, G. (2009) "Peer to Peer Energy Production and the Social Conflicts in the Era of 'Green Development'", *Re-public (Special Issue on P2P Energy)*, disponible en

- http://p2pfoundation.net/Peer_to_Peer_Energy_Production_and_the_Social_Conflicts_in_the_Era_of_Green_Development (última consulta, 29-1-2015).
- Pearce, J.M. (2012) “The case for open source appropriate technology”, *Environment, Development and Sustainability*, 14, 3: 425-31.
- Piggott, H. (2008) *Wind Turbine Recipe Book: The Axial Flux Windmill Plans*, Scoltand: Dundonnell.
- PNBV (Plan Nacional del Buen Vivir, 2013-2017), Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) de Ecuador, disponible en <http://documentos.senplades.gob.ec/Plan%20Nacional%20Buen%20Vivir%202013-2017.pdf> (última consulta, 13-2-2015).
- Practical Action (2014) *Small-scale hydropower*, disponible en <http://practicalaction.org/small-scale-hydro-power-2> (última consulta, 31-1-2015).
- Pretty, J., Ruben, R. y Thrupp, L.A. (2002) “Institutional Changes and Policy Reforms”, in N. Uphoff (ed.) *Agroecological Innovations: increasing food production with participatory development*, London: Earthscan Publications; 251-60.
- Rivela, B (coord.); Guayanlema V.; Corral A. y Quintana P. (2015) “Líneas estratégicas de acción en el sector transporte para la mitigación de cambio climático en Ecuador”, *Línea Sur. Revista de política exterior del Ministerio de Relaciones Exteriores de Ecuador*, 7, disponible en http://www.lineasur.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=140:lineas-estrategicas-de-accion-en-el-sector-transporte-para-la-mitigacion-de-cambio-climatico-en-ecuador&catid=26:linea-sur-7 (última actualización, 28-1-2015).
- Rogers, H. (2010) “The greening of capitalism?”, *International Socialist Review*, 70, disponible en <http://isreview.org/issue/70/greening-capitalism> (última consulta, 29-1-2015).
- Schnitzer, D., Lounsbury, D.S., Carvallo, J.P., Deshmukh, R., Apt, J. y Kammen, D.M. (2014) *Microgrids for Rural Electrification: A critical review of best practices based on seven case studies*, United Nations Foundation, disponible en https://wpweb2.tepper.cmu.edu/ceic/pdfs_other/Micro-grids_for_Rural_Electrification-A_critical_review_of_best_practices_based_on_seven_case_studies.pdf (última consulta, 29-1-2015).
- Sieferle, R.P., (2001) *The Subterranean Forest: Energy Systems and the Industrial Revolution*, M. P. Osman (trad.), Cambridge: The White Horse Press.
- Smil, V. (2010) *Energy Transitions. History, Requirements, Prospects*, Santa Barbara, CA: ABC-CLIO, LLC. Greenwood Pub.
- Takahashi, K., Baker, S. y Kurdgelashvili, L. (2005) *Policy Options to Support Distributed Resources*, Center for Energy and Environmental Policy, University of Delaware, disponible en http://ceep.udel.edu/wp-content/uploads/2013/08/2005_es_policy_options_distributed-resources11.pdf (última consulta, 29-1-2015).
- Tselepis, S. (2010) “Greek experience with Microgrids: Results from the Gaidouromantra site, Kythnos island”, *Presentation at Vancouver 2010 Symposium on Microgrids*, Fairmont Pacific Rim, Vancouver.
- UNEP (2012) *The end to cheap oil: a threat to food security and an incentive to reduce fossil fuels in agriculture*, United Nations Environment Programme / Global Environmental Alert Services.
- Wallerstein, I. (2006/2001) *Análisis de sistemas-mundo. Una introducción*, Madrid: Siglo XXI.



- Wallis, V. (2010) “Beyond ‘Green Capitalism’”, *Monthly Review*, 61, 9: 32-48, disponible en <http://monthlyreview.org/2010/02/01/beyond-green-capitalism> (última consulta, 29-1-2015).
- Wikipedia (2015a) *Sustainable design*, 13-1-2015, disponible en https://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_design#Sustainable_technologies (última consulta, 31-1-2015).
- Wikipedia (2015b) *Open-source-appropriate technology*, 13-2-2015, disponible en https://en.wikipedia.org/wiki/Open_source_appropriate_technology (última consulta, 31-1-2015).
- World Bank (2012) *Inclusive Green Growth: The Pathway to Sustainable Development*, Washington: The World Bank, disponible en http://siteresources.worldbank.org/EXTSDNET/Resources/Inclusive_Green_Growth_May_2012.pdf (última consulta, 29-1-2015).
- Yi-chong, X. (2005) “Models, templates and currents: the World Bank and electricity reform”, *Review of International Political Economy*, 12, 4: 647-73.

