GUÍA HACIA UN FUTURO
ENERGÉTICO SUSTENTABLE
PARA LAS AMÉRICAS

IANAS
INTERAMERICAN NETWORK OF ACADEMIES OF SCIENCES

iap
the global network of science academies

GUÍA HACIA UN FUTURO

ENERGÉTICO SUSTENTABLE

PARA LAS AMÉRICAS

IANAS Red Interamericana de Academias de Ciencias

IANAS es una red regional de academias de ciencias creada para fomentar la cooperación con el fin de fortalecer a la ciencia y la tecnología como herramientas para impulsar la investigación y el desarrollo, la prosperidad y la equidad en el continente americano. www.ianas.org

IANAS Co-Chairs
Michael Clegg (Estados Unidos)
Juan Asenjo (Chile)

Directora ejecutiva
Adriana de la Cruz Molina (México)

Programa de Energía de IANAS
John Millhone (EUA) and **Claudio Estrada** (México)

Comité editorial
Frances Henry (Canadá)**, Luís Cortez** (Brasil),
Katherine Vammen (Nicaragua), **Claudio Estrada** (México),
Manfred Horn (Perú), **Antony Clayton** (Jamaica),
John Millhone (EUA), **Adriana de la Cruz Molina** (México)

Coordinación editorial
John Millhone, Claudio Estrada and
Adriana de la Cruz Molina

Corrección de estilo
Ma. Areli Montes Suárez

Traducción
Suzanne D. Stephens
Capítulos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y todos los Boxes incluidos en el libro

Alejandra Huete
Box: Energía para la calefacción
Box: Perspectiva sobre la energía en Colombia

Diseño editorial
Víctor Daniel Moreno Alanís
Francisco Ibraham Meza Blanco

Soporte administrativo
Verónica Barroso

Todos los derechos reservados © IANAS-IAP 2016

ISBN: 978-607-8379-25-5
Impreso en México

Publicado por la Red Interamericana de Academias de Ciencias. IANAS es una organización internacional sin fines de lucro albergada por la Academia Mexicana de Ciencias desde 2010. Calle Cipreses s/n, Km 23.5 de la Carretera Federal México-Cuernavaca, 14400 Tlalpan, Distrito Federal, Mexico.

Por favor cite el nombre de los capítulos y los autores y el nombre de la organización como IANAS. Toda la información incluida en los capítulos es responsabilidad de sus autores y contribuyentes. **Esta publicación está disponible en http://www.ianas.org/index.php/books**

Las designaciones empleadas y la presentación del material a lo largo de esta publicación no implican la expresión de ninguna opinión por parte de IANAS con respecto a la situación legal de ningún país, territorio, ciudad o zona ni a sus autoridades con respecto a la delimitación de sus fronteras o límites. Las ideas y opiniones expresadas esta publicación pertenecen a los autores; no son necesariamente las de IANAS-IAP y no comprometen a la Organización.

Esta publicación está impresa en papel ecológico (con certificación FSC): una parte de las fibras viene de material reciclado y la otra de bosques aprovechados de manera sustentable. Además este papel es libre de cloro (certificación ECF) con el fin de contribuir a la conservación de los recursos hídricos.

GUÍA HACIA UN FUTURO
ENERGÉTICO SUSTENTABLE
PARA LAS AMÉRICAS

IANAS
INTERAMERICAN NETWORK OF ACADEMIES OF SCIENCES

iap
the global network of science academies

Miembros de las academias de ciencias de IANAS

Argentina
Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Argentina
www.ancefn.org.ar
Roberto L.O. Cignoli Presidente

Brasil
Academia Brasileña de Ciencias
www.abc.org.br
Jacob Palis, Presidente

Bolivia
Academia Nacional de Ciencias de Bolivia
www.aciencias.org.bo
Gonzalo Taboada López, Presidente

Canadá
La Sociedad Real de Canadá. Las academias de Artes, Humanidades y Ciencias de Canadá
https://rsc-src.ca/en/
Maryse Lassonde, Presidente

Caribe
Academia Caribeña de Ciencias (Redes regionales)
www.caswi.org
Trevor Alleyne, Presidente

Chile
Academia Chilena de Ciencias
www.academia-ciencias.cl
Maria Teresa Ruiz, Presidente

Colombia
Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
www.accefyn.org.co
Enrique Forero, Presidente

Costa Rica
Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica
www.anc.cr
Pedro León Azofeita, Presidente

Cuba
Academia Cubana de Ciencias
www.academiaciencias.cu
Ismael Clark Arxer, Presidente

República Dominicana
Academia de Ciencias de la República Dominicana
www.academiadecienciasrd.org
Milcíades Mejía, Presidente

Ecuador
Academia de Ciencias de Ecuador
www.academiadecienciasecuador.org
Paola Leone, Presidente

Guatemala
Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de Guatemala
www.interacademies.net/Academies/ByRegion/LatinAmericaCarribbean/Guatemala/
Maria del Carmen Samayoa, Presidente

Honduras
Academia Nacional de Ciencias de Honduras
www.guspepper.net/academia.htm
Gustavo A. Pérez, Presidente

México
Academia Mexicana de Ciencias
www.amc.unam.mx
Jaime Urrutia, Presidente

Nicaragua
Academia Nicaragüense de Ciencias
www.cienciasdenicaragua.org
Manuel Ortega, Presidente

Panamá
Asociación Panameña para el Avance de la Ciencia
www.apanac.org.edu.pa
Martín Candanedo, Presidente

Perú
Academia Nacional de Ciencias de Perú
www.ancperu.org
Abraham Vaisberg Wolach, Presidente

Estados Unidos de América
Academia Nacional de Ciencias Estadounidense
www.nasonline.org
Ralph J. Cicerone, Presidente

Uruguay
La Academia Nacional de Ciencias de la República Oriental de Uruguay
www.anciu.org.uy
Rodolfo Gambini, Presidente

Venezuela
Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela
www.acfiman.org.ve
Gioconda San Blas, Presidente

Puntos focales sobre energía

Miembros regionales y Observadores

Academia Latinoamericana de Ciencias; Academia Caribeña de Ciencias; Unión Científica Caribeña; Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, Argentina.

Puntos focales

Las Academias de Ciencias asignan a diferentes científicos expertos en energía, con el propósito de intercambiar información y experiencias y establecer objetivos comunes en beneficio de la región.

Argentina

Roberto P.J. Perazzo
Instituto Tecnológico de Buenos Aires y Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Argentina

Bolivia

Hernan Guido Vera Ruiz
Academia Nacional de Ciencias de Bolivia

Brasil

Luís Cortes
Academia Brasileña de Ciencias y Universidad Estatal de Campinas UNICAMP

Canadá

David Layzell
Universidad de Calgary

Chile

Miguel Kiwi
Academia Chilena de Ciencias

Colombia

Jose Maria Rincon
Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Costa Rica

Julio Mata
Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica

Cuba

Daniel Lopez Aldama
Cubaenergía

República Dominicana

Julian Despradel
Academia de Ciencias de la República Dominicana

Ecuador

Melio Saenz Echeverria

Guatemala

Ivan Azurdia Bravo
Centro Latinoamericano de Computación Científica y Urbanización Industrial Vista Hermosa

Honduras

Wilfredo Flores

Jamaica

Anthony Clayton
Academia Caribeña de Ciencia

México

Claudio A Estrada
Academia Mexicana de Ciencias

Nicaragua

Claudio Wheelock
Estación solar VADSTENA de Managua, Nicaragua y UCA Universidad

Panamá

Tomás Bazán Bolaños
Departamento de Energía y Ambiente, Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica

Paraguay

Manuel Benigno Gil Morlis Facetti

Perú

Manfred Horn
Academia Peruana de Ciencias y Universidad de Tacna

Uruguay

Ramón Méndez
Academia de Ciencias de Uruguay

Estados Unidos de América

John Millhone
Centro de Investigación Energética de EUA-China

Venezuela

Jose Manuel Aller Castro
Academia de Física, Matemáticas y Ciencias Naturales de Venezuela; Universidad Simón Bolivar

Contenido

Prefacio 9
Por Michael Clegg (EUA) y Juan Asenjo (Chile)

Introducción 11
Por John Millhone (EUA) y Claudio Estrada (México)

Capítulo 1. Eficiencia energética **en las Américas** 25
Por John Millhone (EUA)

Capítulo 2. Energía para las poblaciones desatendidas**: Alcanzando las necesidades básicas de las personas más pobres en América Latina y el Caribe** 43
Por Mónica M. Gómez, Rafael Espinoza y Manfred Horn (Perú)

Box. El uso de leña en Latinoamérica y sus efectos en la salud 64
Por Gustavo Sequiera y Mario Jiménez (Nicaragua)

Capítulo 3. Energía renovable. **Las inmensas oportunidades de energía renovable en sus múltiples formas** 67
Por Claudio A. Estrada Gasca (México), Jorge M. Islas Samperio (México), Wilfredo César Flores Castro (Honduras), y apoyo adicional de Hernán Guido Vera Ruiz (Bolivia)

Box. Atacama: Otro punto de luz para Chile 90
Por Miguel Kiwi (Chile)

Box. Situación actual y perspectivas de la energía en México 92
Por Jorge M. Islas Samperio (México)

Box. Investigación y desarrollo en el sector energético de Argentina 98
Por Miguel Laborde y Roberto Williams (Argentina)

Box. Aprovechamiento de las fuentes renovables de energía en Cuba para el mejoramiento de la calidad de vida en zonas rurales de difícil acceso 100
Por Luis Berriz (Cuba)

Capítulo 4. Mujeres, energía y agua. **Los efectos del género y la cultura en los roles y responsabilidades de las mujeres** 103
Por Katherine Vammen (Nicaragua), Frances Henry (Canadá), Nicole Bernex (Perú), Patricia L. Serrano-Taboada (Bolivia), Mario Jiménez (Nicaragua), Gustavo Sequiera (Nicaragua) y Tomás Bazán (Panamá)

Box. Vínculo bidireccional entre la energía y el agua 132
Por Katherine Vammen (Nicaragua)

Capítulo 5. Comprendiendo la bioenergía 139
Por José Rincón (Colombia) y Luís A. B. Cortez (Brasil)

Box. Proyectos de energías renovables en la República Dominicana 164
Por Julian Despradel (República Dominicana)

Capítulo 6. Bioenergía. **Condiciones actuales y perspectivas para la bioenergía en América Latina y el Caribe: análisis del etanol de caña de azúcar** 167
Por Carlos Brito-Cruz (Brasil), Luís A. B. Cortez (Brasil), Luiz. A. H. Nogueira (Brasil), Ricardo Baldassin Jr. (Brasil) y José M. Rincón (Colombia)

Box. Situación actual y perspectivas y perspectivas de la energía en Colombia 194
Por José María Rincón Martínez (Colombia)

Box. La bioenergía procedente de la caña de azúcar en Brasil: situación actual y perspectivas 198
Por Carlos Brito-Cruz, Luís Cortez, Luiz Nogueira y Ricardo Baldassin (Brasil)

Capítulo 7. Desarrollo de capacidades en América Latina y el Caribe 203
Por Anthony Clayton (Escocia-Jamaica)

Prefacio

La energía es esencial para la civilización humana. Es necesaria para todos los aspectos de la vida moderna, desde cocinar hasta hacer funcionar las máquinas, transportarnos, calentar nuestros hogares y proveer una fuente de luz artificial. A lo largo de la historia de la humanidad, hemos hecho la transición desde depender en la energía basada en madera a la revolución industrial impulsada por el carbón, a la energía basada en el petróleo, a la energía nuclear y a la energía solar y las fuentes de energía de base biológica. Cada una de estas fuentes de energía sigue siendo importante en la economía energética mundial contemporánea.

A medida que la población humana se aproxima a los ocho mil millones, los desafíos de la energía sostenibles están tomando un papel central. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (Sustainable Development Goals, SGDs) incluyen en el séptimo lugar "asegurar el acceso a energía asequible, confiable, sostenible y moderna para todos". Las preocupaciones acerca del cambio climático provocado por las emisiones de CO_2 basadas en combustibles fósiles están obligándonos a revaluar nuestra dependencia en fuentes de energía diferentes y están estimulando nuevas inversiones en la investigación sobre sistemas energéticos sostenibles y de bajas emisiones de carbono. Estamos atestiguando una transformación energética que parece gradual, pero que al verla en retrospectiva es impresionante. La eficiencia de los combustibles y el consumo de energía per cápita han mejorado considerablemente a lo largo de los últimos cincuenta años, pero el ritmo de la mejora debe acelerar si pretendemos conseguir una economía energética sostenible.

El propósito de este volumen es brindar un análisis con bases científicas de la situación energética actual del continente americano y pronosticar el futuro a corto plazo de la energía en el hemisferio. El libro considera desafíos esenciales como llevar energía adecuada a las poblaciones que cuentan con un servicio deficiente o inexistente; fuentes de energía renovables y la revolución de los biocombustibles y el papel del género en la economía energética. Cada capítulo incluye cuadros específicos para cada país que proporcionan una visión de las fuentes de energía a nivel nacional y regional. El libro también considera los desafíos de construir las capacidades institucionales necesarias para impulsar a las economías energéticas nacionales.

El hemisferio americano tiene la fortuna de contar con fuentes de energía ricas y de tener una actividad científica fuerte dedicada a mejorar la eficiencia energética y el acceso a la energía. Aunque hay muchos desafíos por enfrentar a medida que avancemos, el panorama es de progreso sustancial, aunque todavía inadecuado. Es esencial seguir invirtiendo en las innovaciones científicas que apoyarán a un futuro energético sostenible. En vista de lo anterior, nos complace presentar esta contribución de las Academias de Ciencias de las Américas a la estrategia para lograr el objetivo SDG 7.

Michael Clegg
Co-Chair IANAS, USA

Juan Asenjo
Co-Chair IANAS, Chile

Introducción

John Millhone y Claudio Estrada
Co-Chairs del Programa de Energía de IANAS

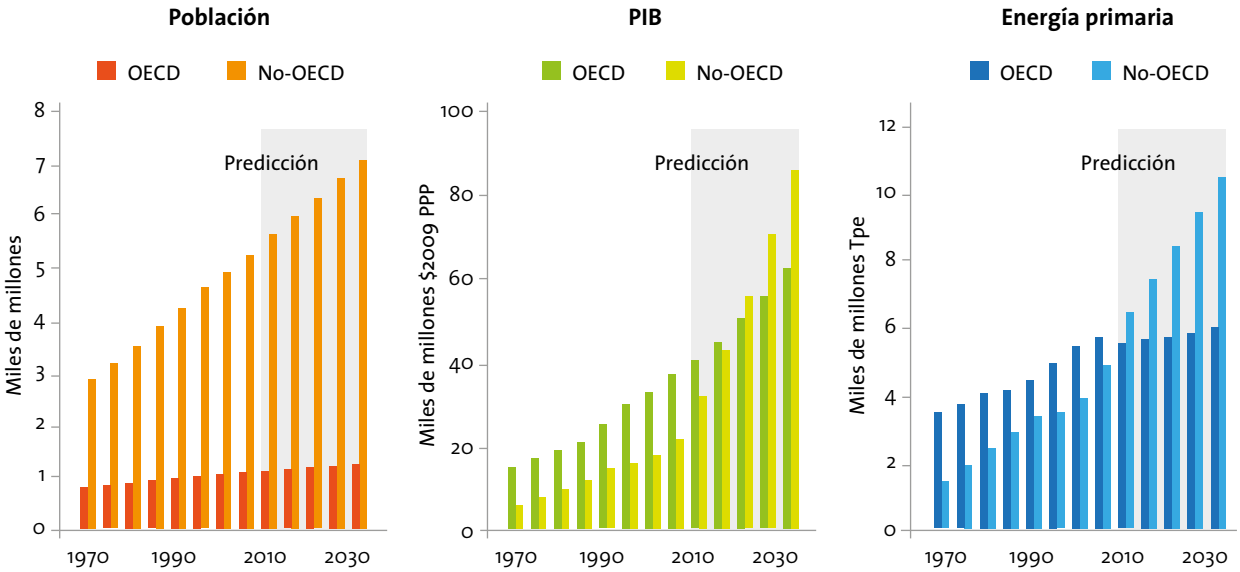
Las Américas son una fuente de energía abundante; todas las formas de energía, la energía fósil y la renovable, las fuentes tradicionales y las fuentes recién descubiertas. Seguimos descubriendo nuevas fuentes de energía y maneras de usarlas más eficientemente y con menos contaminación. Estas fuentes de energía se distribuyen geográficamente a lo largo de América del Norte, América Central, Sudamérica y el Caribe. Contribuyen a sostener las industrias, los edificios y los transportes de las Américas. Un futuro energético sostenible para las Américas dependerá de la manera en que seleccionemos elementos a partir de esta mezcla de recursos de energía, transformemos estas fuentes en formas aprovechables, transportemos la energía a los usuarios finales y mejoremos la eficiencia de los usos finales. Los resultados determinarán el futuro social, ambiental y económico para varias generaciones de habitantes del continente americano.

La ciencia y la tecnología tienen un papel fundamental que jugar para lograr este futuro sostenible. La ciencia descubre los recursos energéticos, desarrolla las tecnologías que llevan las fuentes de energía a los usuarios finales, inventa productos que hacen un uso eficiente de la energía y guía a la administración de los sistemas energéticos. En reconocimiento de este papel, el Consejo Interacadémico (Inter Academic Council, IAC), que representa a las academias de ciencia líderes del mundo publicó un informe en 2007: *Alumbrando el camino; hacia un futuro energético sostenible.*[1] Para ver más información acerca del informe, consulte el Recuadro A.

El informe motivó a la Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS), la red de 21 academias de ciencias en el hemisferio occidental, a iniciar un programa energético para trazar el camino hacia un futuro sostenible en las Américas. Gracias al compromiso de las 21 academias, los expertos designados por las academias de ciencias y al apoyo de otras personas y organizaciones de diferentes organismos científicos, este libro resume los descubrimientos y las recomendaciones del programa.

1. El continente americano jugó un papel de liderazgo en el informe del Consejo Interamericano. El panel de estudio que redactó el informe estuvo presidido en parte por Steven Chu, entonces Director del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley y posteriormente Secretario de Energía de los Estados Unidos, y José Goldemberg, profesor en la Universidad de Sao Paulo, Sao Paulo, Brasil.

Imagen 1. Población, energía y producto interno bruto (BP, 2011)



La junta inicial de IANAS se llevó a cabo en Río de Janeiro en 2008; en ella las academias de INAS identificaron las mayores prioridades en el continente americano en el informe IAC. Identificaron cinco áreas: Eficiencia energética, Energía para poblaciones desatendidas, Energía renovable, Bioenergía y Construcción de capacidad.

El Programa de Energía IANAS dio seguimiento a esta misión por medio de reuniones anuales y comunicaciones internas en las que los representantes de las academias compartieron sus observaciones sobre el papel que la ciencia puede jugar para impulsar estos programas. Los capítulos de este libro resumen sus descubrimientos y recomendaciones. Los autores se enumeran en el Recuadro B. El programa no habría sido posible sin la ayuda del Panel interacadémico internacional y las academias de ciencia que dieron su apoyo a las juntas del programa en Argentina, Colombia, Bolivia y Estados Unidos.

En el campo muy poblado de publicaciones sobre asuntos energéticos, este libro busca hacer una contribución útil en dos maneras:

Primero, al enfocarse en el papel que la ciencia, las academias de ciencias y las comunidades de ciencia, tecnología e ingeniería pueden jugar en un futuro energético del continente americano que sea efectivo, asequible y minimice los impactos ambientales, incluido el cambio climático. Esto incluye a las ciencias físicas y sociales.

Segundo, al enfrentar problemas energéticos importantes desde la perspectiva del hemisferio oeste, la perspectiva de IANAS, y su mezcla única de fuentes energéticas, distribución de la población de usuarios, geografía y oportunidades para la colaboración de múltiples países y entre sur y norte.

El entendimiento de la perspectiva del continente americano empieza con revisar la transformación rápida de la energía que ha moldeado a la historia global reciente y las proyecciones para el papel futuro de la energía a medida que proyectamos los cambios globales en las décadas venideras.

Asuntos energéticos mundiales

En los últimos 100 años el mundo ha tenido un crecimiento poblacional sin precedentes. Se estima que en 1900 vivían 1650 millones de personas en la tierra y que para 1960 ese número había crecido a 3000 millones y luego se duplicó en sólo 39 años, lo que significa que en 1999 la población había llegado a 6000 millones.En 2013 la población mundial rebasó

los 7000 millones y se estima que para 2030 haya 8000 millones de personas en el planeta. Este crecimiento poblacional inusitado está estrechamente relacionado con el aumento de la demanda energética mundial.

En un estudio reciente sobre las perspectivas energéticas, (BP, 2011) la correlación entre el crecimiento poblacional, el crecimiento económico en términos del PIB y el consumo mundial de energía primaria se muestra claramente. La Imagen 1 contiene las tres gráficas correspondientes: a la derecha, los datos de la población mundial; en el centro, los valores del PIB mundial para los países miembros y los no miembros de la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OCED); a la izquierda, las cifras de la producción energética primaria durante el periodo que va de 1970 a 2030.

Los primeros 40 años corresponden a valores históricos, mientras que el siguiente periodo de 20 años, de 2010 a 2030, se discute en términos de una proyección basada en una evaluación de las tendencias mundiales más probables.

De acuerdo con estas gráficas la población mundial se ha incrementado en 1600 millones durante los últimos 20 años, lo cual sugiere un aumento de 1400 millones a lo largo de los próximos 20 años. Al mismo tiempo, el ingreso económico real en el mundo ha aumentado en 87% durante las últimas dos décadas y probablemente registrará un aumento del 100% en las próximas dos décadas. De igual manera, la integración de la economía mundial continuará durante los próximos 20 años, lo cual traerá un crecimiento rápido a los países de bajos y medios ingresos.

Viendo más de cerca este aspecto, los países emergentes (incluidos China, India, Brasil y México) y los países menos desarrollados requieren acceso directo a fuentes de energía modernas, entendidas como combustibles eléctricos y con base en petróleo para que puedan crecer sus economías.

La Agencia energética internacional, una fuente confiable de análisis estratégico, brinda una mirada hacia el futuro en su Panorama energético mundial (World Energy Outlook, WEO), publicado en noviembre 2014 y extendido por primera vez hasta 2040.

El WEO incluye tres panoramas futuros. El panorama de nuevas políticas contempla una continuación de las políticas y medidas actuales así como una adopción cuidadosa de propuestas de políticas. El panorama de políticas actuales no contempla nuevas políticas. El panorama 450 presenta lo que sería necesario para limitar los aumentos a largo plazo de la temperatura global a 2 °C.

En el panorama de nuevas políticas, se pronostica que la demanda energética global se incremente en un 37% en 2040, pero la tasa de crecimiento se desacelera considerablemente desde 2% al año durante las últimas dos décadas hasta alcanzar el 1% al año en 2025 como resultado de un aumento de los precios y desplazamientos económicos hacia las industrias de servicios y alumbrado. El uso de energía sería esencialmente plano en Norteamérica, Europa, Japón y Corea. El aumento del consumo se concentraría en el resto de Asia (60% del total global), África, el Medio Oriente y Latinoamérica.

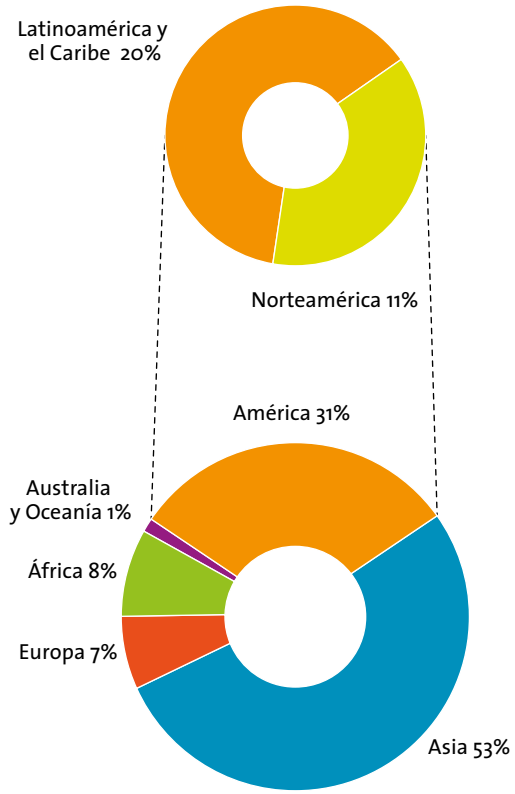
En 2040, el suministro energético mundial se dividiría entonces en cuatro partes casi iguales: petróleo, gas, carbón y fuentes bajas en carbono.[2]

El WEO advierte que la visión a corto plazo de fuentes vastas de petróleo no debería opacar a los desafíos que están por venir. La preocupación se basa en el pequeño número de proveedores de petróleo. El continente americano juega un papel en esta incertidumbre: los asuntos de recuperación y financiamiento a los que se enfrenta la producción de los pozos de aguas profundas brasileños; los problemas ambientales y de transporte que hacen más lento el flujo desde las arenas petrolíferas canadienses; los problemas de política y gestión que limitan la producción de los amplios recursos petroleros de Venezuela; y la nivelación anticipada de la producción petrolera limitada de los Estados Unidos a principios de la década de 2020.

El uso del gas natural crecerá al ritmo más rápido entre los combustibles fósiles en el panorama del WEO y su consumo aumentará en un 50%.Estados Unidos está jugando un papel de liderazgo en dos maneras. El liderazgo estadounidense en el `fracking´, la fracturación hidráulica de esquisto para obtener gas natural y petróleo, ha aumentado los su-

2. La descripción de un sistema energético bajo condiciones de estrés se fundamenta en gran medida en el WEO, pp. 23-25.

Imagen 2. Potencial mundial para generar energía hidroeléctrica (TWh/año) (IPCC, 2012)



ministros de gas natural. Nuevas restricciones agresivas por parte de los Estados Unidos en cuanto a la contaminación del aire están impulsando una conversación de plantas a base de carbón a plantas de gas. México, Brasil y Argentina también tienen grandes recursos de esquisto y podrían aprovechar este nuevo recurso. Pero explotar este recurso de esquisto tiene sus propias incertidumbres. Los detractores argumentan que la fracturación hidráulica contamina el agua subterránea, consume agua dulce y perjudica la calidad del aire. Y existe una cuestión de asequibilidad. Aunque el número de plantas de licuefacción casi se ha triplicado, el mercado futuro para el gas natural líquido más caro no es seguro.

El carbón es abundante en el mundo pero su uso futuro se ve afectado por la contaminación y las altas emisiones de CO_2. El WEO espera que la demanda de carbón se incremente en 15% para 2040, con la mayor parte del aumento en los próximos 10 años. Se espera que el uso de carbón en Estados Unidos, el usuario dominante en el continente americano, caiga en más de un tercio, debido a los reglamentos estrictos sobre la calidad del aire.

El WEO espera que un cuarto de la proporción de la energía global será brindado por recursos bajos en carbono en 2040. Esto incluye a la energía nuclear y a las tecnologías de energías renovables.

El panorama de la energía nuclear es complejo. La energía nuclear puede brindar confiabilidad y diversidad al sistema eléctrico de un país. Evita las emisiones de CO_2. Sin embargo, se espera que para 2040 dejen de funcionar 200 de los 434 reactores que hoy operan.

El crecimiento dependerá del respaldo gubernamental, los precios regulados proteccionistas y el apoyo a la inversión privada. Una sombra permanece tras el accidente en Fukushima Daiichi. Al poner en la balanza estos factores, el WEO espera que la proporción correspondiente a la energía nuclear de la generación global de energía aumente únicamente en un punto porcentual al 12% en 2040.

El papel creciente de las tecnologías energéticas renovables es un elemento crítico en el informe de WEO. Se proyecta que la energía renovable sea la fuente de energía de mayor crecimiento desde ahora hasta 2040. Las tecnologías avanzadas, los costos bajos y las políticas gubernamentales favorables están impulsando esta transformación. La electricidad es la forma final de energía con mayor crecimiento en el panorama de 2040. Se espera que la energía renovable proporcione la mitad del aumento de la generación de electricidad. Los mayores recursos renovables que sustentan este incremento son la energía eólica, 34%; la hidroelectricidad, 30% y la energía solar, 18%.

El panorama 450 de WEO, que describe las medidas que evitarían los impactos catastróficos del cambio climático pone aún más importancia en los aumentos de la contribución de las tecnologías de energía renovable.

El potencial de la energía renovable en el continente americano y en el mundo

La atención global creciente que se está dando a la energía renovable y a su rol en la reducción de las

Imagen 3. Potencial usado y no usado para la generación de energía hidroeléctrica (TWh/año) en Norteamérica y LA &C. (IPCC, 2012)

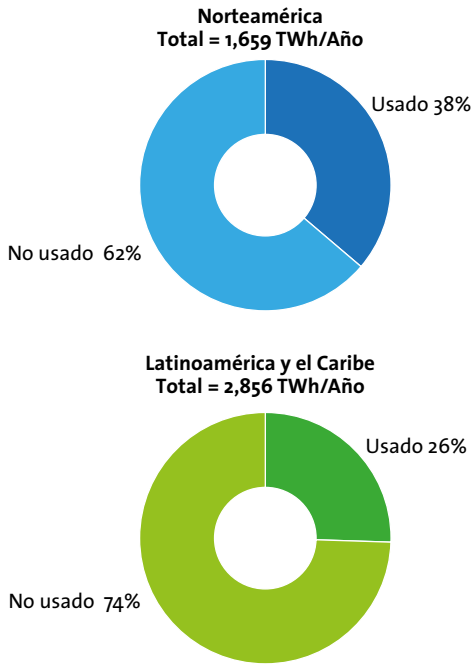
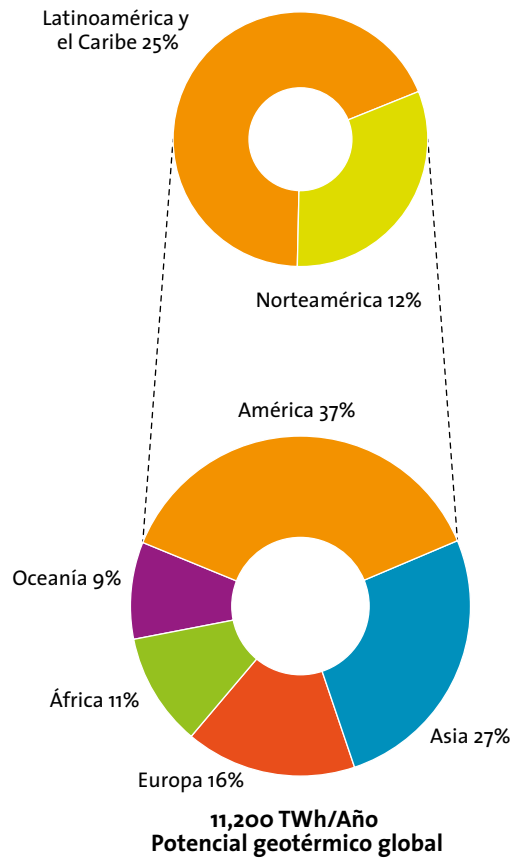


Imagen 4. Potencial mundial para la generación energía geotérmica por región (IGA, 2012)



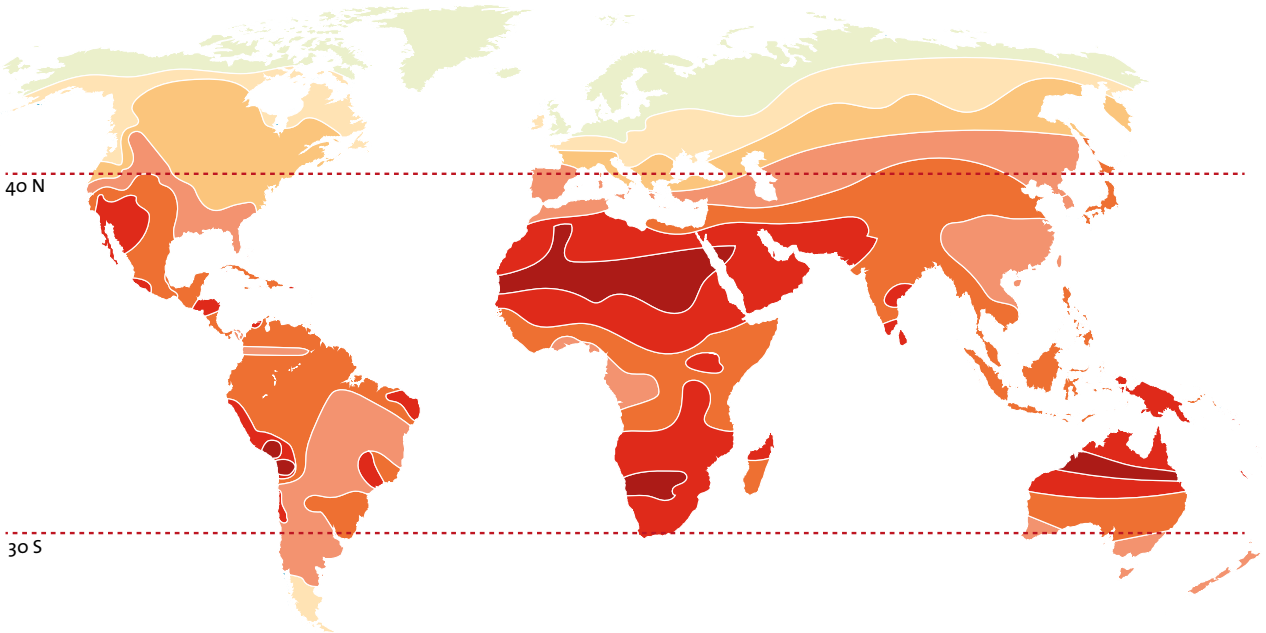
emisiones de gases de efecto invernadero da un significado especial a la llegada del libro de IANAS sobre un futuro energético sostenible para el continente americano.

Cuando se inició hace cinco años el Programa energético de IANAS, el vínculo entre la energía sostenible y la energía renovable se reconoció en sus prioridades. Proporcionar energía moderna a poblaciones desatendidas depende principalmente de la energía solar, la eólica, la hidroeléctrica de cabezal bajo y la leña cosechada de manera ambientalmente responsable. La energía renovable se reflejó en dos de sus prioridades. El avance de la bioenergía se señaló como una prioridad aparte debido al liderazgo de Brasil y el continente americano en impulsar el desarrollo de la bioenergía moderna. La prioridad de eficiencia energética se extendió a la eficiencia en el uso de energía renovable en edificios y equipo. La construcción de capacidad incluyó la capacitación del personal y la infraestructura física esenciales para una dependencia mayor en fuentes energética renovables. La cooperación entre los programas de Energía y de Mujeres para la ciencia de IANAS está poniendo énfasis en el nexo que hay entre el género, la energía y el agua que demanda atención adicional si queremos lograr tener un futuro sustentable.

La importancia del papel presente y el futuro potencial de la energía renovable en el continente americano es evidente al hacer una comparación del tamaño de la mezcla de los recursos renovables en el continente y en el mundo. El siguiente texto y los datos que lo acompañan muestran las fuentes potenciales, usadas y no usadas de hidroenergía, energía geotérmica, energía solar y energía eólica en el continente americano y en el mundo.

La Imagen 2 muestra el potencial hidroeléctrico mundial para la generación de energía conforme al IPCC (2012), que representa 14,576 TWh al año (TWh/

Imagen 5. Distribución global de energía solar, kWh/m²/año (OK Solar, 2013)



año). El potencial para el continente americano alcanza 4,515 TWh/año, del cual se usa el 30%.Norteamérica tiene un potencial de 1,659 TWh/año, mientras que LA & C tienen un potencial de 2,856 TWh/año, de los cuales se usa sólo el 38% y el 26% respectivamente (Imagen 3). Esto implica que en la región existen grandes reservas de energía hidroeléctrica aún sin usarse.

De igual manera, la Imagen 4 muestra el potencial mundial de generación de energía geotérmica, que equivale a un total de 11,200 TWh/año, de acuerdo con la Asociación geotérmica internacional (International Geothermal Association, IGA), del cual el continente americano representa el 37% (4,130 TWh/año) y a su vez se usa el 1% del potencial regional. La Imagen 9 muestra que el potencial geotérmico en Norteamérica es de 12% (1,330 TWh/año) mientras que en LA&C es de 25% o 2,800 TWh/año.

La Imagen 5 muestra la distribución de energía solar en la Tierra dada la cantidad diaria promedio de luz solar por año, medida en kilowatt-horas por m2 (kWh/m²) por año. A lo largo de los paralelos 400N y 350S, la "Franja solar" alberga al 70% de la población global y recibe la mayoría de la luz solar.

El potencial mundial de generación de energía solar según la región se muestra en la Imagen 6 (NREL, 2009). Aquí el continente americano representa casi el 30% del potencial, del cual Norteamérica representa el 13% y LA &C el 17%.

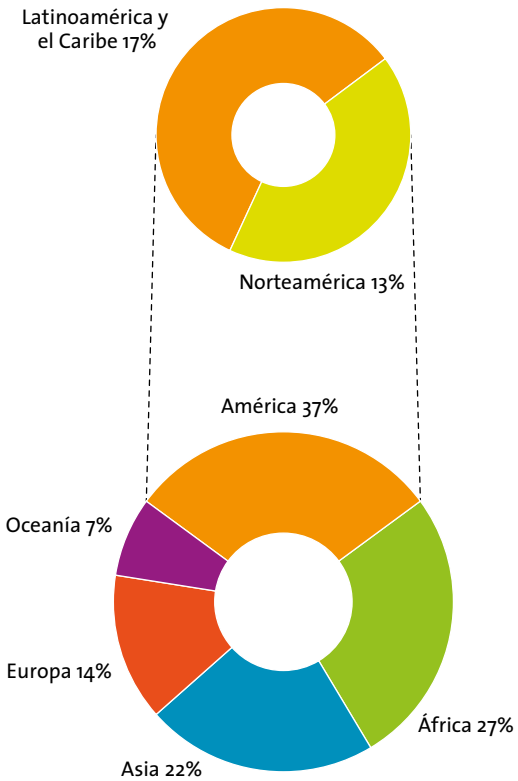
La Imagen 7 ilustra el potencial global de generación de energía eólica. Muestra que el 31% del potencial mundial corresponde al continente americano, del cual el 22% corresponde a Norteamérica y el 9% restante a LA &C. Sólo se utiliza el 0.1% del vasto potencial norteamericano, a diferencia del 0.02% en LA &C (GWEK, 2014).

Integrar la energía renovable en el futuro energético sostenible del continente americano

Mientras que el libro reconoce el importante papel de la energía renovable en el futuro energético del hemisferio, también describe cómo estas fuentes se integran con otras fuentes y usos de energía en América a medida que enfrentamos los desafíos del futuro.

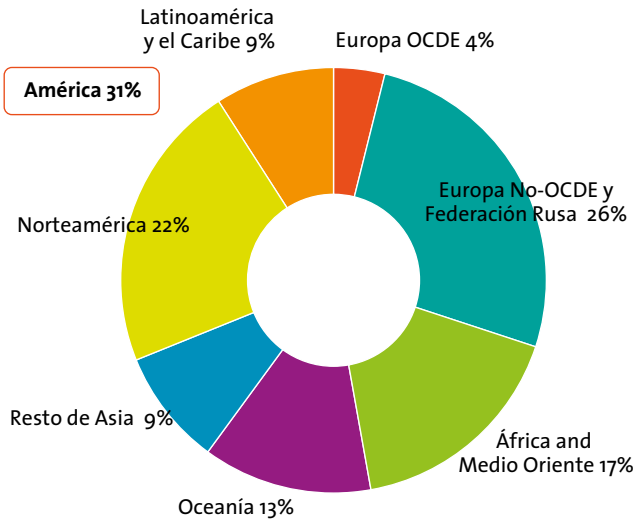
Los desafíos son enormes. El WEO y otras proyecciones a largo plazo del futuro energético mundial reconocen cada vez más que nuestros patrones energéticos mundiales actuales no son sostenibles. Mencionan tres razones.

Imagen 6. Potencial global para la electricidad generada a partir de la energía solar por región, TWh/año (NREL, 2009)



399,471 TWh/Año Potencial de energía solar global

Imagen 7. Potencial global para electricidad generada por viento (IPCC, 2012)



690,000 TWh/Año Potencial global de electricidad generada por viento

- En primer lugar, el crecimiento poblacional y el aumento de los estándares de vida están incrementando las demandas de energía.
- En segundo, hay un suministro finito de las fuentes energéticas primarias (hidrocarburos) usadas por los humanos para satisfacer sus necesidades.
- En tercer lugar, el efecto catastrófico del uso intensivo de los combustibles fósiles en el ambiente.

Junto con la necesidad de cambiar la mezcla de fuentes de energía, el WEO también resalta otros asuntos de energía que tienen impactos significativos en el mundo y en el continente americano, incluida la baja eficiencia energética, los subsidios energéticos y el cambio climático.

El WEO pronostica mejoras continuas en la eficiencia energética que son críticas para reducir el ritmo del uso global de energía y disminuir los contaminantes ambientales.[3] Cita al sector de transporte como el acelerador de los ahorros con tres cuartas partes de los automóviles ahora sujetos a estándares de eficiencia. Se espera que la demanda de transporte de petróleo aumente sólo en una cuarta parte mientras que el número de automóviles y camiones se duplica. La eficiencia también puede reducir el impacto de costos de energía de las regiones que son muy dependientes de las importaciones. Se espera que las disparidades regionales de precio se reduzcan pero que Norteamérica siga siendo una región con bajo costo. En el continente americano, esto involucra una mezcla cambiante de combustibles, liderazgo global en biocombustibles, desafíos múltiples de infraestructura y disparidades de precios.

3. WEO, p. 26.

El WEO dedica un capítulo a los subsidios para los combustibles fósiles y señala que alcanzaron un total de $550 mil millones en 2013, cuatro veces más que los subsidios para las energías renovables. Los 40 países que subsidian la energía de fuentes fósiles son responsables por más de la mitad del consumo global. La tasa de subsidio (la tasa del subsidio con respecto al precio internacional de referencia) es, en promedio, del 23%.La tasa varía entre los países pero Venezuela tiene la más alta, de 93%.El WEO y un estudio reciente del Fondo Monetario Internacional[4] documentan el impacto negativo de los subsidios. Desalientan las inversiones en el sector energético, desplazan el gasto público que impulsaría al crecimiento, asignan mal el capital y las actividades que hacen un uso intensivo de la energía y aumentan el consumo de energía, la contaminación ambiental y las emisiones de carbono. Como sabemos en el contintente americano, estos impactos dañinos se extienden a los países vecinos e impiden que adopten programas y políticas consistentes con las realidades energéticas modernas. Los informes del WEO y el FMI son constructivos en cuanto que no simplemente condenan a estos subsidios; también brindan pautas útiles para ponerles fin. Éstas exigen tiempo y compromiso pero son esenciales para los futuros energéticos sostenibles en los países afectados.

El libro se publicará antes de la Conferencia del Cambio Climático de las Naciones Unidas que se llevará a cabo en París en diciembre, pero el debate que precede a la conferencia está subrayando la importancia de los programas energéticos sostenibles en el continente americano. El objetivo de la conferencia es un acuerdo universal legalmente vinculante que evita los impactos catastróficos del cambio climático en todas las naciones del mundo. El panorama 540 del clima estabilizado del WEO se está revisando de nuevo.

El escenario estabilizador dependería fuertemente de un mayor rol para la energía renovable en el futuro. Globalmente, el aumento en la proporción correspondiente a los recursos renovables de la generación total de energía aumentaría de 33% en el panorama de nuevas políticas a 51% en el panorama 450; para los biocombustibles, un aumento de 6% en el panorama de nuevas políticas a 20% en el panorama 450.[5]

Los preparativos en torno la Conferencia del cambio climático están provocando el surgimiento de numerosas declaraciones de política con respecto a lo que debería hacerse en París. Se está dando mucha atención a un informe de una Nueva economía climática que argumenta que se puede lograr reducir las emisiones de gases de efecto invernadero sin los impactos económicos adversos que muchos temen. El informe fue redactado por una comisión presidida por el anterior presidente de México, Felipe Calderón, y compuesta por 28 directores ejecutivos, figuras políticas y economistas.[6] La conformación incluyente de la comisión ayuda a explicar la atención que está recibiendo.

El informe de la nueva economía climática tiene una relevancia especial para el libro de energía de IANAS porque muchas de sus conclusiones y recomendaciones a nivel global son similares a los análisis y las propuestas que el libro recomienda para el continente americano.

El informe climático dice que el crecimiento económico futuro no necesita copiar el modelo alto en carbono del pasado y señala la transformación potencial de tres sistemas fundamentales de la economía: las ciudades, el uso de la tierra y la energía. El libro también apoya a estas transformaciones.

La transformación de las ciudades en el continente americano tiene un potencial que a menudo es ignorado. Las regiones más urbanizadas del mundo son Norteamérica (donde el 82% de la población vivía en zonas urbanas en 2014) y Latinoamérica y el

4. Fondo monetario internacional, Reforma de estudio energético: Lecciones e implicaciones. 28 de enero, 2013

5. WEO, p.242

6. Nueva economía climática, Comisión global sobre la economía y el clima, *Aprovechar la oportunidad global: Sociedades para un mejor crecimiento y un mejor clima*, www.new-climateeconomyreport.net Información adicional del *Financial Times*, 7 de julio, 2015, p.7, y 9 de julio, 2015, p.6.

Caribe (80%).[7] El papel que la ciencia puede jugar en la transformación de las regiones urbanas se describe en los capítulos sobre Mujeres, energía y agua y Energía renovable. El capítulo de Construcción de capacidad trata de la importancia de enfocarse en prioridades incluido el desarrollo urbano más compacto y conectado.

La transformación del uso de la tierra es esencial, según el informe, para alimentar a una población global que se proyecta que rebase los 8000 millones en 2030. El capítulo del libro sobre la bioenergía describe el progreso y los desafíos de reducir la deforestación en Brasil y los países alrededor de la Amazonia y de restaurar los bosques y fomentar la agricultura sostenible. Se ha logrado progresar gracias a la legislación y el cumplimiento y la mejora recientemente se verificó con tecnologías de drones.

El informe da importancia a la transformación de energía porque el mundo está en la cúspide de un futuro energético limpio basado en gran medida en los avances en la energía renovable y la eficiencia energética. Esto se refleja directamente en el libro. El continente americano tiene la oportunidad de ser el líder global en el futuro de la energía limpia. El uso de recursos solares y eólicos abundantes está aumentando rápidamente impulsado por una mayor eficiencia y menores costos. La mezcla de la energía hidroeléctrica y los asuntos ambientales y sociales está recibiendo una mayor atención. Los líderes en bioenergía del continente americano están explorando la siguiente generación de tecnologías de bioenergía.

Hay recursos geotérmicos inmensos y desaprovechados esperando ser explotados. Esta mezcla de recursos está generando electricidad que se usa directamente y está llevando energía moderna a las poblaciones desatendidas. Los capítulos de Energía renovable; Mujeres, energía y agua y Población desatendida y Bioenergía describen a detalle estas oportunidades. El inmenso potencial para la eficiencia energética desde las fuentes hasta los usos finales se describe en el capítulo de Eficiencia energética. Los recursos humanos y físicos necesarios para estos avances se describen el capítulo de Construcción de capacidad. La atención de los medios al informe de la Nueva economía global se ha enfocado en sus planes de acción global de 10 puntos que cumplirían hasta 96% de los cortes del panorama 540 del WEO sin perjudicar a la economía global. Los 10 puntos se enfocan las decisiones en la conferencia climática mundial que se realizará en diciembre en París pero también tienen relevancia en las recomendaciones del libro de IANAS. Consulte el Recuadro C.

IANAS tiene la fortuna de contar con la publicación del plan de la Nueva economía climática a medida que nos preparamos para publicar un libro que defiende muchos programas similares en el continente americano. Aunque no podemos igualar a la llamada de clarín del plan para el liderazgo gubernamental en políticas, el libro puede proveer información sobre la ciencia, la ingeniería y la educación en las que se fundamenta el avance de estos objetivos en el continente americano.

Resumen

El capítulo introduce a los lectores a un libro basado en la ciencia que busca impulsar a la energía sustentable en el continente americano. El libro tiene su origen en 2007 cuando el Consejo Interacadémico, una organización compuesta por las academias de ciencia líderes en el mundo y organizaciones equivalentes, publicó un informe pionero en la energía sostenible: Alumbrando el camino; hacia un futuro energético sostenible.

El informe estimuló a IANAS, la red de academias de ciencia en el continente americano, a preguntar cómo las prioridades y observaciones del informe podrían desarrollarse en las Américas. Un taller para establecer prioridades que se llevó a cabo en Buenos Aires identificó prioridades inusuales. Los combustibles fósiles dominantes: el petróleo, el gas natural y el carbón, no fueron aquellos en donde las academias vieron su mayor potencial. Sus prioridades fueron la energía para las poblaciones desatendidas; la energía renovable, particularmente la bioenergía; la eficiencia energética y la construcción de capacidad.

7. División de población del Departamento de asuntos económicos y sociales de las Naciones Unidas (2014). *Prospectos mundiales de urbanización.* Revisión de 2014, Puntos destacables (ST/ESA/SER.A/352).

Se creó un Programa energético para desarrollar estas prioridades. Los capítulos del libro presentan la investigación y las recomendaciones del programa.

El capítulo incluye comparaciones gráficas de la participación potencial del continente americano en los recursos energéticos renovables del mundo. La mezcla abundante de recursos renovables del continente influencia a todos los capítulos, no sólo a los de energía renovable y bioenergía. Las fuentes de energía modernas primarias para las poblaciones desatendidas son la energía solar, la energía eólica, la energía hidroeléctrica a nivel micro y el aprovechamiento sostenible de los bosques. La eficiencia está reduciendo el costo de la energía solar y eólica y el uso de esta energía en la iluminación, los electrodomésticos y la maquinaria.

Los representantes de las academias mostraron cierta clarividencia al seleccionar las prioridades del Programa energético de IANAS. Las prioridades que eligieron: la energía para las poblaciones desatendidas, la energía renovable, la eficiencia energética, la construcción de capacidad (modestas en ese momento) se han convertido actualmente en los temas de política principales. Esto se muestra en dos informes recientes citados en esta introducción: el Panorama energético mundial de IEA de 2014 y el informe de la Nueva economía climática publicado en anticipación de la conferencia de cambio climático en París. Ambos se fundamentan en gran medida en los programas fuertes de energías renovables y las medidas de eficiencia energética para asegurar un futuro sostenible.

Los desafíos para los agentes comprometidos con formar el futuro energético del continente americano son entender estos cambios, su impacto en el continente y la manera en que aquellos que moldean estos impactos pueden idear e implementar políticas que fomenten el bienestar de todos los habitantes de las Américas. El papel de IANAS es traer el potencial de las ciencias y tecnologías en cuanto a la energía a este proceso colaborativo que involucra al gobierno, la industria, la educación y los colaboradores sociales.

Políticas y desafíos energéticos principales para el continente americano

La introducción y los capítulos del libro exploran las políticas y los desafíos energéticos que deben cumplirse para asegurar un futuro sostenible para el continente americano. Éstos son:

- Desarrollar una mezcla cambiante de combustibles fósiles que sea parte de los mercados global y americano, que equilibre las prioridades económicas, políticas, ambientales y sociales.
- Expandir el desarrollo de los recursos renovables abundantes del continente americano, aumentar los programas locales, estatales y regionales y servir como modelo para el resto del mundo.
- Proporcionar recursos energéticos modernos para todos los habitantes del continente por medio de políticas que incluyan tecnologías avanzadas de bajo costo diseñadas para el mercado emergente y la combinación óptima de recursos renovables basados en el sitio y extensiones de la red eléctrica.
- Mejorar la eficiencia y el desempeño en todos los usos de la energía desde las fuentes iniciales hasta los usos finales por medio de la investigación y el desarrollo, la introducción de productos avanzados y los programas de educación y transformación de mercados.
- Enriquecer el entendimiento de los asuntos energéticos y ambientales con énfasis en los programas de cambio climático e impulsar el apoyo del continente americano para una trayectoria energética que limite el aumento en el corto plazo de la temperatura global promedio a 2 °C.
- Fortalecer los programas de construcción de capacidad en el continente americano para que tengan los recursos científicos, técnicos, educativos y laborales que son necesarios para diseñar y entregar un programa energético sostenible para el continente.

Queremos terminar esta introducción expresando nuestro sincero agradecimiento y apreciación para todos y cada uno de los autores (muchos de los cua-

les hemos incluido en el Recuadro B) de los diferentes capítulos del libro y sus respectivas academias de ciencias por su enorme compromiso con el desarrollo de este libro. En particular reconocemos el impresionante trabajo de coordinación de Adriana de la Cruz, Secretaria de IANAS y el de los doctores Mike Clegg y Juan Asenjo, nuestros dos presidentes de IANAS, quienes nunca dejaron de creer en la importancia de este libro para nuestras comunidades científicas del continente americano.

Reconocimientos

Agradecemos el apoyo para recopilar y organizar la información. La ejecución de las gráficas se debe a Genice Grande Acosta, técnica académica del Grupo de Planificación Energética en el Instituto de Energías Renovables de la UNAM. También damos gracias al Dr. Jorge Islas por sus comentarios y sugerencias durante la elaboración de esta introducción.

Bibliografía

British Petroleum (BP), (2011), *Energy Outlook 2030*, 80 pp. Available at: http://goo.gl/Moj9xQ Consulted August 14th, 2013.

British Petroleum (BP) (2013), *BP Statistical Review of World Energy June 2013*. Available at: http://goo.gl/G4LXNc Consulted June 3rd, 2014.

German Advisory Council on Global Change, 2003.

International Energy Agency (IEA) (2013), *Renewables Information*. IEA, France.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2012), *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Full Report,* New York, Cambridge University Press.

National Petroleum Council (NPC) (2007), after Craig, Cunningham and Saigo.

US DOE/EIA (2013), US Energy Information Administration. *Annual Energy Outlook 2013* with projections to 2040, 244 pp. Available at: http://goo.gl/IkeIRa Consulted on August 14, 2013.

Recuadro A
La ciencia detrás del libro

Cuando el tema de un futuro sostenible recibió mayor atención en el nuevo milenio, los líderes científicos internacionales reconocieron el papel importante de la ciencia para hacerlo realidad. La junta del Consejo Interacadémico (InterAcademy Council, IAC) creó un panel de estudio para preparar un informe preliminar sobre el papel de la ciencia. El continente americano jugó un papel de liderazgo en el informe. El panel fue presidido por Steven Chu, entonces Director del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley y más tarde Secretario de Energía de los Estados Unidos y por Jose Goldemberg, profesor de la Universidad de Sao Paulo, Sao Paulo, Brasil. La Junta del IAC está compuesta por los presidentes de 15 academias de ciencias líderes de tres organizaciones internacioneales que representan a científicos dedicados a estudios mundiales, de ingeniería y de medicina.

El informe del panel de estudio publicado en 2007, Alumbrando el camino: Hacia un futuro energético sostenible, contiene nueve conclusiones:

1. Satisfacer las necesidades energéticas básicas de las personas más pobres de este planeta es un imperativo moral y social que puede y debe perseguirse de manera conjunta con los objetivos de sostenibilidad.
2. Deben hacerse esfuerzos coordinados para mejorar la eficiencia energética y reducir el uso intensivo del carbono en la economía mundial.
3. Las tecnologías para capturar y secuestrar el carbono de los combustibles, particularmente del carbón, puede jugar un papel fundamental en la administración rentable de la gestión de las emisiones de dióxido de carbono.
4. La competencia por los suministros de petróleo y gas natural tiene el potencial de volverse una fuente de tensión geopolítica creciente y vulnerabiliad económica para muchas naciones en las próximas décadas.
5. Como un recurso bajo en carbono, la energía nuclear puede seguir haciendo una contribución significativa al surtido energético del mundo en el futuro, pero sólo si se resuelven

problemas importantes relacionados con el costo del capital, la seguridad y la proliferación de las armas.

6. La energía renovable en sus múltiples formas ofrece grandes oportunidades para el progreso tecnológico y la innovación.
7. Los biocombustibles tienen un gran potencial para enfrentar simultáneamente las preocupaciones sobre el cambio climático y la seguridad energética.
8. El desarrollo de tecnologías rentables de almacenamiento de energía, nuevos portadores de energía y una infraestructura de transmisión mejorada podrían reducir considerablemente los costos y expandir la contribución de una amplia gama de opciones de suministro energético.
9. La comunidad de ciencia y tecnología, junto con el público en general, tiene un papel esencial que jugar en el avance de las soluciones energéticas sostenibles y por lo tanto debe participar de manera efectiva.

Recuadro B
Autores y coordinadores

La siguiente es la lista de los autores, las academias de ciencia y los países en orden alfabético de apellidos y de los coordinadores del libro:

- Ricardo Baldassin Jr. Cruz | Academia Brasileña de Ciencias |Brasil
- Tomás Bazán | Academia Panameña de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales | Panamá
- Nicole Bernex | Academia Nacional de Ciencias de Perú | Perú
- Carlos Brito-Cruz | Academia Brasileña de Ciencias | Brasil
- Andrea C. Bruce | Sección Jamaiquina de la Academia Caribeña de Ciencias | Jamaica
- Anthony Clayton | Sección Jamaiquina de la Academia Caribeña de Ciencias | Jamaica
- Luís Cortez | Academia Brasileña de Ciencias | Brasil
- Mónica M. Gómez | Academia Nacional de Ciencias de Perú | Perú
- Rafael Espinoza | Academia Nacional de Ciencias de Perú | Perú
- Claudio A. Estrada Gasca | Academia Mexicana de Ciencias | México
- Wilfredo César Flores Castro | Academia Nacional de Ciencias de Honduras | Honduras
- Frances Henry | The Academies of Arts, Humanities and Sciences of Canada | Canadá
- Manfred Horn | Academia Nacional de Ciencias de Perú | Perú
- Jorge M. Islas Samperio | Academia Mexicana de Ciencias | México
- Mario Jiménez | Academia Nicaragüense de Ciencias | Nicaragua
- Miguel Kiwi | National Academy of Sciences of Chile | Chile
- Miguel Laborde | National Academy of Exact, Physical and Natural Sciences of Argentina
- John Millhone | Academia Nacional de Ciencias de EUA | Estados Unidos de América
- Luiz. A. H. Nogueira Cruz | Academia Brasileña de Ciencias |Brasil
- José Rincón | Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales | Colombia
- Gustavo Sequiera | Academia Nicaragüense de Ciencias | Nicaragua
- Patricia L. Serrano-Taboada | Academia de Ciencias de Bolivia | Bolivia
- Katherine Vammen | Academia Nicaragüense de Ciencias | Nicaragua
- Walter Wehrmeyer | Sección Jamaiquina de la Academia Caribeña de Ciencias | Jamaica

Otras contribuciones:

- Arturo-Fernandez Madrigal | Centro de Investigación en Energía | México
- Mario Alberto Juan Mariscotti | ANCEFN
- Daniel-Lopez Aldama | Cuba energía
- Sergio Pastrana | Cuban Academy of Sciences | Cuba
- Melio-Saenz Echeverria | Centre Latin American de Calcul Sciengifique et d'informatique industrielle | Ecuador
- Ivan-Azurdia Bravo | Academia de Ciencias de Guatemala

- Manuel Benigno-Gil Morlis Facetti | Sociedad Científica del Paraguay | Paraguay
- Jose Manuel-Aller Castro | Universidad Simon Bolivar | Venezuela
- Luis Berriz | Cubasolar | Cuba
- Roberto Williams | National Academy of Exact, Physical and Natural Sciences of Argentina

Coordinadores:

John Millhone, Programa de Energía Co-Chair
Claudio A. Estrada, Programa de Energía Co-Chair
Adriana de la Cruz, Directora Ejecutiva de IANAS

IANAS Co-Chairs:

Mike Clegg | EUA
Juan Asenjo | Chile

Recuadro C
Plan de acción global de 10 puntos

1. Acelerar la transformación baja en carbono al integrar el clima en los procesos fundamentales de toma de decisiones económicas.
2. Entrar en un acuerdo climático internacional fuerte, duradero y equitativo.
3. Eliminar gradualmente los subsidios a los combustibles fósiles y los insumos agrícolas y los incentivos para la expansión urbana.
4. Introducir precios fuertes y predecibles para el carbono.
5. Reducir sustancialmente los costos de capital para las inversiones en infraestructura de carbono.
6. Aumentar el nivel de la innovación en tecnologías clave resistentes al clima.
7. Hacer de las ciudades comunicadas y compactas la forma preferida de desarrollo urbano.
8. Detener la deforestación de los bosques naturales para 2030.
9. Restaurar al menos 500 millones de hectáreas de bosques y tierras agrícolas perdidas o degradadas para 2030.
10. Acelerar la sustitución de la generación de energía contaminante a partir de carbón.

Capítulo 1

Eficiencia energética en las Américas

Mejorar la eficiencia energética puede describirse simplemente como apagar una bombilla

John Millhone | Estados Unidos

Resumen

Los países americanos tienen una oportunidad única y de largo alcance para mejorar su eficiencia energética debido a los rápidos avances que se están dando en las tecnologías ahorradoras de energía, la rica mezcla de recursos energéticos con los que cuentan los países, los beneficios de la acción colaborativa y las observaciones de sus comunidades científicas.

Los caminos para lograr estas eficiencias dependen de datos claros, precisos y completos sobre cómo se produce, transporta, usa y desecha la energía en el continente americano. Este camino puede medirse de dos maneras: monetaria y ambientalmente. Las fuentes históricas han registrado la energía cuando se le ha dado un valor monetario. Se está poniendo cada vez más atención en los impactos ambientales que empiezan cuando la energía se extrae de fuentes naturales y se extiende a cuando sus productos vuelven al ambiente.

El capítulo se enfoca en las oportunidades de eficiencia energética que existen a lo largo de esta cadena, desde la captura del energía de fuentes fósiles y renovables, la conversión y el transporte de energía en los sectores de uso final y el uso final de la energía.

Las oportunidades tempranas para el ahorro se encuentran en la captura de combustibles fósiles, el transporte a las refinerías y las plantas de energía, su eficiencia, las tuberías y líneas de transmisión y, sobre todo, la mezcla elegida de fuentes energéticas. Otros capítulos que también tratan de estas eficiencias del primer extremo son: Energía renovable; Bioenergía; Energía para las poblaciones desatendidas; Las mujeres, el agua y la energía; Construcción de capacidad.

Los sectores de uso final brindan oportunidades grandes, diversas y rentables para la mejora de la eficiencia energética. Esto es crítico porque el ahorro de uso final también produce ahorros más arriba a lo largo de la cadena de energía, particularmente porque implica una demanda menor de generación y transmisión de energía. El capítulo divide el uso final de energía en cuatro sectores: industrial, transporte, construcciones y agricultura (incluye la silvicultura y la pesca).

El sector industrial se enfoca en las industrias que hacen un uso intensivo de energía, pero también cubre la industria de alto valor agregado y baja energía. Las mejores tecnologías industriales disponibles pueden reducir el uso de energía y las emisiones de carbono desde un cuarto hasta un tercio del nivel anterior. El sector transporte es el usuario de energía más grande en el continente americano. El sector es crítico y complejo debido a la historia, la economía, el clima, la geografía y la densidad poblacional diversa del continente. Se proyecta poco cambio en el uso de energía para el transporte en los Estados Unidos de América (EUA) y Canadá para el año 2040, pero se espera un incremento de 50% para América Central y América del Sur.

Una nueva infraestructura de transporte que respete los valores ambientales es fundamental. El sector de la construcción de edificios residenciales, comerciales y públicos está avanzando en la eficiencia energética por medio de un programa robusto de investigación, desarrollo, demostración y aplicación. Los avances se aseguran por los reglamentos de construcción y por los estándares y el etiquetado de aparatos, equipos e instrumentos de iluminación. El cuarto sector incluye la agricultura, la silvicultura y la pesca. Su uso combinado de energía en el continente americano es pequeño, únicamente de 1.2 por ciento, pero su importancia en las áreas relacionadas con el impacto ambiental y el uso de la tierra es enorme, e incluye la producción agrícola, los cambios en el uso del suelo y la deforestación.

Las recomendaciones de eficiencia energética incluyen el apoyo para las políticas y los programas de energía sostenible; reconocer los ahorros potenciales a lo largo de la cadena de energía; intercambiar los resultados de la investigación y desarrollo entre los países; construir relaciones entre los gobiernos, la industria, las fuentes financieras y las organizaciones no gubernamentales; informar al público acerca de los avances en la ciencia y participar activamente en las políticas y acciones conjuntas de múltiples países.

Introducción

Mejorar la eficiencia energética puede describirse simplemente como apagar una bombilla. Pero cuando ves más allá del interruptor de la luz, te encuentras con un cable que lleva electricidad adonde estás, a través de una línea de transmisión desde una planta generadora –la cual es impulsada por una fuente de energía primaria– transferida a la planta de energía por tren o por una tubería desde una mina o un pozo. En todas partes, a lo largo de esta cadena energética, hay oportunidades para aumentar la eficiencia, disminuir los costos, reducir la contaminación y moderar el impacto del cambio climático.

Los países de América se encuentran en una posición única para mejorar la eficiencia energética de la cadena de distribución de energía, debido a su combinación de recursos energéticos, su liderazgo en el desarrollo de tecnologías avanzadas, y el espíritu de colaboración entre los países y sus comunidades científicas. La búsqueda de competitividad económica, de mejoras del medio ambiente y de la seguridad energética aboga por aumentar la eficiencia energética.

"El máximo ahorro de energía puede ser alcanzado mediante la explotación exhaustiva de oportunidades para mejorar la eficiencia de conversión

y reducir el uso final de intensidad a lo largo de la cadena de suministro de energía" tal como se indicó en *Lighting the way; Toward a sustainable energy future*[1] (*Iluminando el camino: hacia un futuro energético sostenible*), el informe del Consejo Interacadémico que inspiró el Programa de Energía IANAS.

La energía pasa a través de tres etapas desde sus fuentes hasta los destinos de uso final, y cada etapa ofrece oportunidades para mejorar la eficiencia, generar beneficios ambientales y disminuir los costos. Este capítulo identifica posibilidades para mejorar el rendimiento a lo largo de esta cadena energética.

Etapas de la eficiencia energética

La primera etapa es la producción de energía en una fuente de energía primaria. Esto incluye la minería de carbón y de uranio, la extracción de aceite y de gas natural desde pozos subterráneos, así como la energía hidroeléctrica, solar, eólica, geotérmica y de otras fuentes renovables. También incluye la transportación de la energía producida entre los países, lo cual determina la energía disponible en cada país, su Oferta Total de Energía Primaria (OTEP). Cada país es responsable por el uso eficiente de su OTEP.

La segunda etapa es la transferencia de los recursos de energía primaria de un país –su OTEP– hacia sus sectores de uso final de energía: la industria, el transporte, la construcción y la agricultura. El uso de energía más amplio en este enlace es la generación de energía y su transmisión y distribución hacia los sectores de uso final. Esta etapa también incluye el refinamiento de petróleo y el procesamiento de gas natural, al igual que su distribución hasta los consumidores de uso final.

La tercera etapa es el uso de la energía en cuatro sectores de uso final. El sector de la industria se enfoca en procesos de energía e incluye también usos menos intensivos. El sector de la construcción abarca todos los edificios residenciales, comerciales y públicos. El sector de transporte abarca todas las formas de transporte: vehicular, ferroviario, aéreo y por tubería. El sector de agricultura también incluye la silvicultura y la pesca.

Existen oportunidades de ahorro de energía en cada una de esas etapas.

Los reportes de eficiencia energética a menudo cubren sólo las oportunidades de ahorro de energía en los sectores de uso final. Esto no reconoce que el ahorro en el uso final implica el uso menor de energía para producir, convertir y transportar energía hacia sus usos finales, y también evita costos asociados, impactos ambientales y emisiones de gas de efecto invernadero. Esta perspectiva de la cadena energética, además, destaca el beneficio de las fuentes basadas en el sitio, por ejemplo, solar y eólica, que no requieren de energía en las primeras dos etapas.

La Agencia Internacional de Energía (AIE) es una fuente valiosa de datos sobre energía que abarca todos los países del mundo. Los datos monitorean los volúmenes y los precios desde que la energía entra en los mercados comerciales. La Tabla 1 muestra los datos para los países de América de la página web de la AIE. La OTEP es la energía primaria disponible en un país después de exportaciones e importaciones.

Los datos de los grupos de la AIE se separan entre los países que forman parte de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) y los que no. Canadá, Estados Unidos de América, México y Chile están en la OCDE. Las tablas superiores a continuación combinan los datos para todos los países de América, seguidos por las tablas de los países de la OCDE y los que están fuera de ella. Los datos muestran los saldos en términos de miles de toneladas de equivalente en petróleo (ktep) en 2011. Los porcentajes muestran la energía requerida para mover la energía primaria hasta el consumo final y las acciones utilizadas por los sectores de uso final. Las tablas de la AIE no incluyen fuentes tradicionales de bioenergía, como la leña usada en las comunidades indígenas. La bioenergía también incluye otros biocombustibles, productos agrícolas, la turba y el estiércol. La bioenergía juega un rol significativo, ya que representa 77% de la energía renovable, la mayoría de la cual proviene de la madera (87% de la bioenergía). Más de 2 mil millones de personas en el mundo dependen de la leña y del carbón vegetal para satisfacer sus necesidades diarias de energía (REN 21, 2012).

1. InterAcademy Council, 2007. p.23. Disponible en www.interacademycouncil.net

Tabla 1. Balance energético del continente americano

Indicadores	Saldo en ktep	Porcentajes
Países del continente americano		
Producción	3,228,863	
OTEP	3,251,992	100
Consumo total final*	2,299,614	29.3
Industria	540,045	16.1
Transporte	851,634	26.2
Construcciones	652,170	20.1
Agricultura	55,518	1.2
Uso no energético	200,527	6.2
Países del continente americano pertenecientes a la OCDE		
Producción	2,431,890	
OTEP	2,662,783	100
Consumo total final*	1,848,933	30.6
Industria	382,342	14.4
Transporte	707,511	26.6
Construcciones	557,142	20.9
Agricultura	36,376	1.4
Uso no energético	165,562	6.2
Países del continente americano fuera de la OCDE		
Producción	796,973	
OTEP	589,209	100
Consumo total final*	450,681	23.5
Industria	157,703	26.8
Transporte	144,123	24.5
Construcciones	95,028	16.1
Agricultura	19,143	3.2
Uso no energético	34,695	5.9

* El porcentaje es la diferencia entre la OTEP y el consumo final total.

Producción de OTEP

El continente americano es afortunado en tener abundantes y diversos recursos energéticos en el norte, en el centro y en el sur. El reto de este libro es identificar estos recursos energéticos para que su desarrollo pueda ser optimizado al atender problemas de suministro global, como son los abastecimientos de petróleo, y una mayor dependencia de las energías renovables.

Los recursos energéticos se distribuyen de forma desigual entre los países. El primer eslabón de la cadena energética es encontrar y caracterizar dichos recursos energéticos, producir esta energía y transportarla hacia los países donde será empleada.

La ciencia y la ingeniería juegan un rol importante en la búsqueda y caracterización de los recursos energéticos, la recuperación eficiente de éstos y su transportación hacia países donde su OTEP será utilizada. Las academias de ciencias pueden avanzar con esta contribución a través de acciones de colaboración entre países vecinos, así como del aumento de la conciencia pública sobre la situación mundial y los impactos "aquí y ahora" del cambio climático en un país.

OTEP para usos finales

El segundo eslabón en la cadena energética conecta la energía primaria de un país, su OTEP, con los sectores de uso final como la industria, el transporte, las construcciones y la agricultura. Hay oportunidades rentables para mejorar la eficiencia a través de estas conexiones.

El ahorro potencial dominante en este eslabón es la modernización de la generación de energía y de las redes eléctricas en muchas regiones del continente americano. Debido a los intereses comunes de los países vecinos, las academias científicas de estas naciones están en una posición influyente para ayudar a alcanzar estas reformas y comprender sus beneficios energéticos, económicos y medioambientales.

Las mejoras en la red eléctrica podrían lograr grandes ahorros y reducciones de la emisión de gases de efecto invernadero mediante la mejora de la eficiencia, el acceso de la red a plantas eléctricas de bajo costo, la integración de energía hidroeléctrica y otras fuentes renovables, así como la medición neta, la gestión de la demanda y las redes inteligentes. Las redes modernas también avanzarían con otras prioridades de la IANAS, incluyendo el uso extendido de energía renovable, el acceso a energía para las poblaciones desatendidas y marginadas, y la capacidad necesaria para la energía sustentable.

Estas prioridades están haciendo que las reformas de la red eléctrica sean una prioridad en los países de América. Además, las reformas multinacionales llaman cada vez más la atención y ofrecen oportunidades de colaboración entre países vecinos. Estos proyectos de crecimiento de la red eléctrica mundial incluyen:

- **SIEPAC.** El Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central se completó en 2013 y tiene el potencial de aumentar la capacidad de energía y mejorar la transferencia eléctrica entre los seis países de América central, desde Guatemala hasta Panamá. Un vínculo existente entre México y Guatemala se ha expandido y existen propuestas que unirían a la SIEPAC con la red colombiana.
- **Islas del Caribe.** La interconexión de los sistemas de suministro de electricidad y combustible entre algunas islas del Caribe ha sido considerada durante varios años. Un estudio realizado por Nexant para el Banco Mundial es un ejemplo reciente. Se enfoca en dos posibilidades que involucran a nueve países. Uno podría conectar a seis pequeños países en las Antillas Menores –Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Granada, Antigua y Barbuda, San Cristóbal y Nieves, así como Dominica–. La otra podría conectar a Haití y la República Dominicana, ambos en la isla La Española, y Jamaica.
- **Cono Sur.** Las políticas sobre energía en los países del cono sur son complicadas debido a la política, el gas de esquisto y la explotación de petróleo, pero los beneficios compartidos de una red eléctrica en cooperación (los cuales han recibido atención una y otra vez) no deberían ser desatendidos.
- **Conectando al continente americano 2022.** Lanzado en la VI Cumbre de las Américas en Cartagena durante abril de 2012, la iniciativa del hemisferio podría proporcionar el acceso mundial a la electricidad en 2022 a través de medidas que incluyen interconexiones eléctricas mejoradas. El ex Ministro de Minas y Energía colombiano Mauricio Cárdenas y la Secretaria de Estado de los Estados Unidos Hillary Clinton, anunciaron el plan en la reunión cumbre.

Eficiencia del uso final de la energía

El tercer eslabón se encuentra en los sectores de uso final: industria, transportación, construcciones y agricultura. Los ahorros de energía en esos sectores de uso final también disminuyen los costos y reducen la energía requerida para producir energía y distribuirla hacia los usos finales.

El significativo y rentable potencial de ahorro de energía en los sectores de uso final en industria, transportación, construcciones y agricultura se describe a continuación.

Sector industrial

El sector de la industria considera cerca de la tercera parte de la demanda mundial de energía. La Administración de Información sobre Energía de los Estados Unidos de América ha proporcionado una útil división del sector industrial en tres grandes grupos:

usuarios de alto consumo energético, usuarios de alto valor añadido y usuarios de bajo consumo energético (ver Tabla 2).[2]

Respecto de las industrias manufactureras, mientras que las mejoras han sido realizadas en años recientes, la AIE estima que el uso de energía y las emisiones de CO_2 pueden ser reducidas en una cuarta o tercera partes si la mejor tecnología disponible fuera aplicada en todo el mundo a través de programas nacionales y locales. El informe de la AIE presenta un nuevo enfoque para el ahorro de energía de la industria por medio de "mejoras del ciclo sistema/vida", que alcanzan beneficios en diferentes subsectores. Estas mejoras del sistema incluyen sistemas de motor –que combinan calor y energía–, sistemas de vapor, procesos de integración, innovación industrial, aumento del reciclado y recuperación de energía.[3]

La Alianza de Energía y Clima para las Américas (AECA) apoya una iniciativa de sistemas industriales: el Ciclo de Producción de Circuito Cerrado en el Continente Americano.[4] La iniciativa aplica el concepto industrial "de la cuna a la tumba", según el cual los materiales al final de su vida útil inicial son reciclados para nuevas aplicaciones. La meta es aumentar la productividad, la competitividad y la sustentabilidad de los negocios, particularmente pequeñas y medianas empresas. Ecuador lidera la iniciativa. Otras iniciativas de la AECA que incluyen la eficiencia energética industrial son el Grupo de Trabajo de Eficiencia Energética, la Política Energética y el Sector de Análisis en el Caribe, así como el Programa de Intercambio Energético Limpio para el Continente Americano.[5]

El sector minero de la industria ofrece un ejemplo de las grandes oportunidades para mejorar la eficiencia energética en América, así como los beneficios medioambientales, sociales y de salud. Una nota técnica reciente hecha por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ofrece una guía de cómo alcanzar estos beneficios: "Incentivando tecnología de energía limpia en el sector minero en América Latina y el Caribe; el papel de la Institución Pública Minera".[6]

El informe investiga tecnologías y procesos mineros limpios así como el papel de los gobiernos en la promoción de su uso. El reporte se basa en la recopilación de información de misiones a Bolivia, Guyana y Perú, pero sus conclusiones y recomendaciones son valiosas para toda América.

América Latina y el Caribe son líderes mundiales en la producción de los principales minerales (cobre, oro, plata, hierro y níquel), los cuales han atraído inversiones mundiales, aunque también han tenido fuertes costos medioambientales. Los años de la prospección, exploración, explotación, procesamiento y cierre de minas han tenido impactos en los ámbitos físico y social. Si bien el informe se centra en la minería de los países de América Latina y el Caribe, costos y beneficios similares se han experimentado en la recuperación del petróleo y el gas natural, y son un problema para la propuesta del "fracking" (fracturación hidráulica de los depósitos de esquisto para obtener petróleo y gas natural). El informe recomienda un enfoque de cuatro etapas:

1. Una discusión de la tecnología y prácticas en la industria minera, con énfasis en el papel del sector público.
2. Un resumen de las características de los sectores mineros en Bolivia, Guyana y Perú, así como de los obstáculos para implementar tecnologías más limpias.
3. Los cambios necesarios para eliminar estos obstáculos, identificando áreas clave que requieren mayor atención.
4. Las recomendaciones aplicables en los países para introducir tecnología minera más limpia.[7]

2. https://www.eia.gov/consumption

3. *Ibid*. AIE. "Tracking..." p. 22.

4. http://goo.gl/JNofgP

5. Información sobre las iniciativas de la AECA, disponible en el sitio web del programa: www.ecpamericas.org

6. Malaika Masson, Martin Walter, Michael Priester, Inter-American Development Bank, Energy Division (ENE), Technical Note, No. IDB-TN-612, Diciembre de 2013.

7. "Supplying Society and Natural Resources: The Future of Mining. From Agricola to Rachel Carson and Beyond", en la primavera de 2015 issue of the U.S. National Academy of Engineering's "The Bridge; Linking Engineering and Society." Otros artículos incluyen: "Geothermal Energy: An Emerging Option for Heat and Power," "Shale Gas Development: Opportunities and Challenges," "Mining Groundwater for Sustained Yield" y "Carbon Dioxide Capture, Utilization, and

Tabla 2. Grandes grupos de la industria

Usuarios de alto consumo energético	Descripción
• Alimentos y productos afines • Papel y productos relacionados • Productos químicos y afines • Derivados del petróleo y del carbón • Productos de piedra, arcilla y vidrio • Industrias de metales primarios	Los usuarios de alto consumo energético convierten las materias primas en productos terminados principalmente a través de medios químicos (no físicos). El calor es esencial en su producción y el vapor proporciona gran parte del calor. El gas natural, los productos y combustibles residuales son las principales fuentes de energía para este grupo. Todas, excepto en el caso de los alimentos y productos afines, son las industrias con mayor intensidad energética.
Usuarios de alto valor añadido	**Descripción**
• Productos metálicos • Maquinaria y equipo industrial • Equipos electrónicos y eléctricos • Equipo de transporte • Instrumentos y productos relacionados • Miscelánea de industrias manufactureras	Este grupo genera un consumo de alto valor añadido en vehículos y transportación, maquinaria industrial, equipo eléctrico, instrumentos y equipos diversos. Los usos finales primarios son la conversión física de los materiales impulsada por motor (corte, formación y ensamblaje) y tratamientos de calor, secado y pegado. El gas natural es la principal fuente de energía.
Usuarios de bajo consumo energético	**Descripción**
• Fabricantes de tabaco • Plantas de productos textiles • Ropa y otros productos textiles • Madera y productos de madera • Muebles y accesorios • Impresión y publicación • Caucho y plásticos diversos • Piel y productos de piel	Este grupo es el sector de bajo consumo energético y representa una combinación de requerimientos de uso final. Los dispositivos motorizados son uno de los usos finales clave.

Las academias y organizaciones científicas en los países con recursos mineros comprenden estos problemas físicos, de ingeniería y sociales, y pueden influenciar a sus gobiernos y al público en general sobre prácticas mineras limpias. La educación y el entrenamiento de recursos humanos para una minería sustentable es un asunto de creación de capacidades.

El programa del Centro de Evaluación Industrial de los Estados Unidos de América es un modelo de mayor colaboración universitaria, industrial, científica y de ingeniería en cuanto a eficiencia Energética. Los CEI, actualmente localizados en 24 de las mejores escuelas de ingeniería estadounidenses, proporcionan a los fabricantes de pequeñas y medianas industrias auditorías in situ y recomendaciones para mejorar la eficiencia, reducir el gasto y aumentar la productividad a través de cambios en los procesos y en el equipo. Un típico cliente del CEI recibe recomendaciones que ahorran más de 47 mil dólares anuales. La experiencia práctica de los estudiantes de facultad en las auditorías amplía sus oportunidades de empleo después de graduarse. El programa en Estados Unidos de América inició en 1976 e incluye universidades internacionales en sus primeros años. Las academias de ciencia podrían considerar la posibilidad de trabajar con sus contactos universitarios y gubernamentales para expandir el programa CEI en el continente americano. La base de datos de las auditorías es una rica fuente de información sobre ahorros energéticos potenciales. La Universidad de Rutgers administra el programa del Departamento de Energía. Hay más información disponible en los sitios web del Departamento de Energía (DOE, por sus siglas en inglés) y de Rutgers. http://goo.gl/STLvZT y http://goo.gl/xII1tG

Transporte

El sector de transporte incluye la energía consumida para mover personas y mercancías por carretera, tren, agua, aire y tubería. El sector de transporte es el mayor uso final de energía en América, lo cual representa 26.8% del consumo final total (ver Tabla 1).

Storage: An Important Part of a Response to Climate Change." Una copia de *The Bridge* está disponible en formato PDF en www.nae.edu/TheBridge .

The driver of a long TransMilenio articulated bus in downtown Bogota.

El sector de transporte desempeña un papel fundamental y complejo en el continente americano, resultado de la diversidad en su historia, economía, clima, geografía y densidad de población múltiple. La diversidad también genera oportunidades en la comunidad científica para identificar y conectar las posibilidades para el progreso en este panorama único.

El objetivo de este capítulo es la mejora de la eficiencia energética y la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero en el uso final del sector de transporte. El transporte también tiene un papel importante en el avance de otras prioridades de la IANAS: energía para las poblaciones desatendidas, energía renovable, bioenergía y creación de capacidades.

Los países americanos miembros y no miembros de la OCDE consumen aproximadamente el mismo porcentaje de su energía en sus sectores de transporte de acuerdo a las Perspectivas Energéticas Internacionales (IEO por sus siglas en inglés) para 2013 de la Administración de Información sobre Energía de los Estados Unidos[8] (ver Tabla 1) Las perspectivas para 2040 muestran que esto está a punto de cambiar. Las Perspectivas Energéticas Internacionales prácticamente no observan ningún crecimiento en el consumo para transportación en los países americanos de la OCDE. Se espera que Estados Unidos y Canadá continúen reforzando sus estrictas normas en los estándares económicos de combustible, con lo que se provocará un ligero descenso. Se prevé que México y Chile tengan un fuerte incremento en la transportación, aunque están limitados por sus propias políticas que fomentan la eficiencia energética, dando como resultado que no exista ningún cambio neto en el total de consumo de los cuatro países por más de tres décadas.

Las Perspectivas Energéticas Internacionales proyectan casi un 50 por ciento de incremento para 2040 en los países que no son miembros de la OCDE en América Central y del Sur. Según las Perspectivas Energéticas Internacionales se prevé este cambio debido a una mezcla de factores, un crecimiento regional del PIB relativamente fuerte (3.3 por ciento al año), un crecimiento de población del 0.7 por ciento al año, la demografía (28 por ciento de la población menor de 14 años), la alta urbanización (79 por ciento, la región más urbanizada en el mundo desarrollado), el aumento del comercio intra e interregional, así como un alza necesaria en las inversiones para infraestructura.

La precisión de las proyecciones de estas perspectivas son de vital importancia para el continente americano. También podrían ser importantes a nivel global. Según las perspectivas el sector de transporte cuenta con la mayor parte (63 por ciento) del crecimiento total del consumo mundial de petróleo y otros combustibles líquidos de 2010 a 2040.[9] América ya es líder en el desarrollo y uso de biocombustibles, tal como se describe en el capítulo sobre bioenergía. La integración de la eficiencia energética, la bioenergía y las prioridades para el cambio climático en el programa americano, podría ser un modelo para otros países y regiones.

Las principales oportunidades para aumentar la eficiencia energética y los beneficios relacionados en América es a través de un nuevo enfoque para la planificación y las políticas para el transporte, así como también por medio de inversiones en la infraestructura de transportación, las cuales son descritas a continuación.

8. U.S. Energy Information Administration. International Energy Outlook, 2013. p. 142.

9. *Ibid*. p. 141.

Evitar-cambiar-mejorar

El paradigma "evitar-cambiar-mejorar" (ECM) es un nuevo y holístico enfoque para alcanzar mejoras sostenibles en la energía, en el medio ambiente y en las características del servicio público de los sistemas de transporte. ECM es particularmente útil en el tratamiento de las cuestiones relacionadas con áreas densamente urbanizadas.

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) publicó una monografía el año pasado apoyando la adopción de los enfoques ECM.[10] Mientras la monografía fue dirigida a los países de América Latina y el Caribe, el enfoque es igualmente aplicable a Canadá y Estados Unidos.

El antiguo paradigma respondió a la congestión mediante el aumento de la capacidad, provocando más tráfico, que a su vez creó más congestión.
El nuevo paradigma ECM vincula tres enfoques:

1. Evitar viajes innecesarios
2. Cambiar los viajes a modos más eficientes, por ejemplo transporte público, bicicletas.
3. Mejorar la eficiencia del resto de los viajes.

Las políticas en ECM, extraídas del monograma del BID, se resumen en el Recuadro 1.

El monograma del BID, además de exponer la estrategia del ECM, describe cómo medir y mitigar los ahorros de energía y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero desde los proyectos de transportación. El monograma expresa el compromiso del BID para apoyar estos programas, así como también aquellos vinculados con la financiación de carbono y los programas de financiamiento climático del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), del Fondo para una Tecnología Limpia (FTL) y del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM).[11]

Como dice la monografía del BID, "a largo plazo, la inversión en la capacidad institucional para evaluar el rendimiento del sistema, a través de la recolección regular de datos sobre el transporte y del fomento de modelos fuertes para una valoración previa y posterior, beneficiará a ciudades y países de América Latina y el Caribe al permitir el uso de más mecanismos de financiación y apoyar el desarrollo de sistemas de movilidad de alto rendimiento, sustentables y modernos. Dicha inversión, sin embargo, no es un prerrequisito para avanzar hacia una transportación más sostenible".[13]

Las academias podrían jugar un papel significativo en el desarrollo de modelos que apoyen estos sistemas de movilidad sostenible, así como también para respaldar la meta del BID de: Ganar apoyo político y fiscal para programas de inversión y políticas de movilidad sustentable... facilitado a través de mejores análisis sobre la distribución de diversos beneficios y cargas de las iniciativas actuales y de futuras alternativas".[14]

Recuadro 1

Aproximación Evitar-Cambiar-Mejorar para un transporte sustentable, bajo en emisiones de carbono.

Evitar los viajes motorizados:
- Impuestos sobre el motor y el combustible
- Tarifas y peajes a usuarios de carreteras
- Precios de acordonamiento y congestión
- Programas para compartir el coche
- Desarrollo orientado del tránsito
- Zonas libres de coches
- Políticas de reducción de viajes suburbanos
- Evitar los fletes vacíos
- Mejorar la logística de la carga
- Tecnologías de información y comunidad así como de trabajo en casa[15]

Cambiar a medios de transporte más eficiente:
- Mejoras en el transporte público
- Gestión de estacionamientos
- Desarrollo orientado del tránsito
- Mejoras en el transporte no motorizado
- Fletes ferroviarios
- Uso intensivo de bicicletas

Mejorar la eficiencia de la actividad del tráfico restante:
- Gestión activa del tráfico
- Conducción ecológica
- Esquemas de gestión de flotas
- Sistemas de transportación inteligente
- Sincronización de señales de tráfico
- Vehículos energéticamente eficientes
- Combustibles bajos en emisiones de carbono
- Diseño de vehículos aerodinámicos

10. Banco Interamericano de Desarrollo, "Mitigation Strategies and Accounting Methods for Greenhouse Gas Emissions from Transportation". Julio, 2013.

11. *Ibid*. p. 15.

12. Este punto fue añadido a la lista del monograma del BID.

13. *Ibid*. p. 115

14. *Ibid*. p.119.

Infraestructura de transporte

Los problemas de la infraestructura de transporte se dividen en dos categorías. Hay nuevas inversiones en infraestructura, como la finalización de la autopista Corredor Pacífico Mesoamericano, y el propuesto canal de Nicaragua para conectar los océanos Atlántico y Pacífico. Y también hay inversiones retrasadas para renovar la deteriorada infraestructura existente. La ciencia y la ingeniería juegan papeles importantes en ambas categorías.

Autopista Corredor Pacífico

Es el mayor proyecto regional de transporte en el Corredor Mesoamericano, planeado para recorrer más de 2 mil 200 kilómetros desde Puebla (México), hasta Panamá. El BID es la mayor fuente de financiamiento para esta autopista.

El presidente del BID Luis Alberto Moreno ha instado el apoyo para el proyecto, el cual se espera que lleve el 90 por ciento de la carga por vía terrestre a través del Corredor Pacífico. Cuando sea completado, la distancia de viaje entre México y Panamá será disminuida por alrededor de 200 kilómetros. Un informe del BID, estima que la autopista aumentará la velocidad media de 17 km por hora a 60 kilómetros por hora, reduciendo el tiempo de viaje de 190 a 54 horas.[15]

La meta del proyecto va más allá de la transportación e incluye las mejoras de infraestructura relacionadas, la reforma de las operaciones aduaneras y la toma de medidas para facilitar el comercio en seis pasos fronterizos con el fin de lograr beneficios económicos significativos. Mientras que los beneficios económicos son el principal motor para el proyecto, éste también ahorrará energía y reducirá las emisiones de gases de efecto invernadero.

Canal de Nicaragua

Sería un canal de 300 kilómetros que uniría los océanos Pacífico y Atlántico. El reto no radica en construir el proyecto, sino en asegurar una evaluación independiente de los beneficios económicos, medioambientales y sociales, así como de los impactos negativos del canal antes de que la construcción dé inicio.[16]

Los impactos ambientales adversos se encuentran explicados en un artículo de la revista *Nature*, escrito por Axel Meyer y Jorge A. Huete-Pérez, expresidente de la Academia de Ciencias de Nicaragua.[17]

En cuanto a los beneficios, el artículo cita al Gobierno de Nicaragua que afirma que este proyecto, de 40 mil millones de dólares, impulsaría el crecimiento económico del país, la segunda nación más pobre de América, de 4.5 por ciento en 2013 a 14.6 en 2016. Sin embargo, no se han publicado estudios de factibilidad económica o medioambiental. El Gobierno de Nicaragua ha otorgado una concesión a una empresa de Hong Kong, que opera como HKND Group, para construir el canal con la firma de un contrato de arrendamiento por 50 años, renovable por otros 50 años más. Nicaragua no ha solicitado su propia evaluación de impacto, sino que confía en la evaluación realizada por HKND, que no tiene obligación de hacerla pública.

Los autores escriben: "... el canal podría crear un desastre medioambiental... atravesar el Lago de Nicaragua, la reserva de agua potable más grande de la región... destruirá alrededor de 400,000 hectáreas de selva tropical y humedales... pondrá en peligro ecosistemas circundantes... amenazará a múltiples comunidades indígenas autónomas... así como a algunos de los ecosistemas marinos, terrestres y lacustres más frágiles, vírgenes y científicamente importantes de Centroamérica".

Las medidas propuestas por el artículo: "Una comunidad internacional de conservacionistas, científicos y sociólogos necesita unirse con los ciudadanos interesados y los investigadores de Nicaragua para exigir dos cosas: en primer lugar, evaluaciones independientes sobre las repercusiones del megaproyecto, y en segundo lugar, que el Gobierno de Nicaragua detenga el proyecto si las evaluaciones confirman el miedo de que dicho canal producirá más pérdidas que ganancias para los recursos naturales de la región, las comunidades indígenas y la biodiversidad".

A partir de los nuevos proyectos, la necesidad de mantener y de mejorar la infraestructura del transporte existente es un problema común en muchos

15. *IDB News Release*. "IDB president urges leaders to invest in Mesoamerican corridor", 5 de diciembre, 2011.

16. Al momento de enviar esta obra a la imprenta, el estatus del canal todavía era incierto.

17. Meyer, Axel y Jorge A. Huete-Pérez, "Nicaragua Canal could wreak environmental ruin." *Nature*, 20 de febrero de 2014. p.287.

países. Es un reto de norte a sur, a raíz de una tragedia reciente.

En los Estados Unidos de América, el puente de la Interestatal-35W de Minneapolis se derrumbó en el Río Mississippi en agosto de 2007, matando a 13 personas e hiriendo a 145. La tragedia ofreció evidencia negativa sobre el deterioro de la infraestructura de los Estados Unidos de América. Se estima que la cuarta parte de los puentes de la nación tiene problemas estructurales. Los puentes fueron construidos para durar 50 años; el promedio de edad es de 45.[18]

Pero a pesar de la tragedia y de la sensibilización del público, se ha hecho muy poco. El Fondo del Fideicomiso de la autopista federal, creado a finales de la década de los 50 para proporcionar apoyo a las inversiones viales y de infraestructura de transporte, ha perdido el 25 por ciento de su valor cuando se mide como porcentaje del PIB. Los estados pagan cerca de dos tercios de la financiación del transporte de superficie y sus presupuestos se encuentran en apuros. Los precios de la gasolina han caído en picada, erradicando el dolor de los consumidores por un impuesto más alto de las infraestructuras, pero sin respuesta política notable. Mientras tanto, el lado negativo de aumentar la eficiencia de los vehículos y de mayor presencia de vehículos híbridos y eléctricos se traduce en la disminución de la venta de gasolina así como de los impuestos correspondientes.

Si bien se trata de un problema principalmente político y económico, hay un papel para la ciencia. El paradigma ECM, mencionado anteriormente, puede ser una guía para priorizar el gasto público con la finalidad de obtener mayores beneficios sociales de los presupuestos para transporte. La transición de un impuesto a la gasolina a una tarifa de milla recorrida a los vehículos (MVR: millas vehiculares recorridas) sería una "cuota de usuario" más equitativa que el impuesto a la gasolina, y evitaría la caída de los ingresos fiscales ocasionados por una mayor eficiencia, así como por coches híbridos y eléctricos. Conseguir la aceptación del cambio podría requerir la ayuda de científicos sociales. Una nota positiva: a raíz del colapso del puente de Minneapolis, los investigadores han desarrollado sistemas de monitoreo automatizado para identificar puentes debilitados y reforzarlos primero. Los investigadores también trabajan en tecnologías de "puentes inteligentes": acero de alto rendimiento, materiales de auto-regeneración, así como monitores inalámbricos y en tiempo real.

Sector de construcción

El sector de construcción es donde la gente vive, trabaja y compra bienes y servicios. El consumo de energía del sector incluye a los subsectores de construcciones residenciales y comerciales, así como muchas oportunidades vinculadas para el ahorro de energía.

A nivel mundial, se prevé que el sector sea el de mayor crecimiento de usuarios de ahora a 2040 de acuerdo con el Caso de Referencia de las Perspectivas Energéticas Internacionales de la Administración de Información sobre Energía, con un aumento de 81 a casi 131 mil billones de BTU (Unidad Térmica Británica, BTU por sus siglas en inglés de British Thermal Unit) de 2010 a 2040 con un crecimiento promedio anual de 1.6 por ciento.[19]

Según los balances de la AIE, el sector de construcción actualmente es el segundo mayor consumidor de uso final de energía en América. En 2011, el sector consumió 652,170 ktep, 20.1 por ciento de la energía primaria de América; 20.9 por ciento en los países miembros de la OCDE y 16.1 por ciento en los que no lo son.[20]

La energía es empleada para la calefacción y refrigeración, iluminación, electrodomésticos y otros equipos que usan energía. En la mayoría de los países miembros de la OCDE se espera que los patrones de

18. La información sobre el fortalecimiento de la infraestructura de los Estados Unidos de América se basa en el artículo de Russell Nichols y Ryan Holewell, "Six Ideas for Fixing the Nation's Infrastructure Problems," en la revista *Governing the States and Localities,* Junio de 2011. http://www.governing.com/topics/transportation Consultado el 5/4/14.

19. EIA IEO, p. 111.

20. Las cifras reflejan las definiciones de la AIE. La AIE no asigna a los sectores de uso final la energía requerida para mover la energía primaria hacia ellos. El uso primario-a-final dominante es la transmisión y la distribución de la energía y el consumidor primario de electricidad son las construcciones. Cuando el uso del sector energético de construcción incluye la energía requerida para proveer de electricidad a la construcción, el sector consume del 30 al 40 por ciento de energía en la mayoría de los países, 41 por ciento en los Estados Unidos.

construcción cambien poco a poco, lo cual refleja el envejecimiento de la población y economías maduras. En el caso de los países que no son miembros de la OCDE se espera un mayor y más rápido crecimiento, lo cual refleja un desarrollo económico más fuerte y una mayor demanda de viviendas y edificios comerciales para satisfacer las crecientes necesidades de consumidores y servicios. Según las Perspectivas Energéticas Internacionales se considera que 80 por ciento del crecimiento de la energía para usos de la construcción entre ahora y 2040 será en los países fuera de la OCDE.

Los Estados Unidos y Canadá reflejan este patrón de la OCDE. Se espera que el uso residencial de energía per cápita en Estados Unidos de América disminuya 0.8 por ciento al año hasta 2040; y en el caso de Canadá, 0.1 por ciento. Pero México y Chile no, ya que para ellos se prevé una tasa de crecimiento del PIB de 3.7 por ciento hasta 2040, el más alto dentro de la OCDE. Se espera que su consumo residencial de energía aumente más de 2 por ciento al año hasta 2040, un nivel compartido con Brasil y otros países no pertenecientes a la OCDE. Se observa que el consumo comercial en la construcción de América presenta un patrón similar. Se considera que el mayor ahorro de energía en el sector de construcción de América será a través de estándares de eficiencia energética obligatorios para electrodomésticos y equipos.

El suministro de energía moderna para poblaciones desatendidas es una parte importante de este aumento en las estadísticas del mercado energético. Se espera que los hogares que dependen de madera tradicional y desechos para cocinar y calentarse, obtendrán un mayor acceso a la electricidad y a electrodomésticos modernos, lo cual se mostrará en los datos de mercado de la AIE (para más información, véase el capítulo sobre energía en poblaciones desatendidas).

El ahorro de energía en las construcciones se alcanza a través de la combinación de tecnologías avanzadas, planeación del uso de suelo, así como con normas y niveles de energía.

Investigación, desarrollo, demostración y despliegue

La primera contribución a la eficiencia energética de las construcciones proviene de los laboratorios de investigación que generan avances en revestimiento de edificios, equipo, electrodomésticos e iluminación. La eficiencia en la construcción hoy se beneficia gracias a las innovaciones de los laboratorios americanos, y la comunidad científica tiene un importante papel en sustentar el trabajo de estos laboratorios, así que ellos reciben el apoyo que necesitan para producir los avances del mañana. El intercambio activo de información entre laboratorios y los programas fuertes de información pública puede ayudar a obtener este apoyo.

Construcciones y planificación comunitaria

Las nuevas construcciones no son estructuras aisladas, sino que forman parte de comunidades con usos de suelo únicos y conjuntos de edificios con alturas bajas y elevadas para vivienda, comercio, espacios públicos e industriales. En cuanto al transporte, las estrategias de Evitar-Cambiar-Controlar que reducen el uso energético y la contaminación ambiental se aplican a nivel comunitario.

Una perspectiva comunitaria puede también beneficiarse de los nuevos programas de energía renovable. Los sistemas de energía renovable para la multi construcción tienen costos menores por edificio que en proyectos aislados. La distribución de la electricidad está cambiando rápidamente gracias a las "redes inteligentes", la generación distribuida, la gestión de carga máxima y la medición neta de proyectos renovables. La comunidad científica tiene un papel importante al comprender cómo interactúan estas características y compartir este conocimiento con quienes toman decisiones y con el público en general.

Normas y niveles en la construcción

Los avances en la investigación y en la planeación comunitaria encuentran sus resultados en las construcciones mismas. Hay dos enfoques relacionados que determinan cómo las construcciones realizan toda su gama de funciones efectiva y eficientemente: las normas energéticas obligatorias y los niveles voluntarios que reconocen a los líderes de eficiencia energética.

Las normas energéticas de la cimentación de las construcciones se basan, en gran medida, en el trabajo de la Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE, por sus siglas en inglés). En respuesta al em-

bargo petrolero de la OPEP en 1973, la ASHRAE emitió su primera norma en 1975, con lo cual se inició un proceso continuo de estándares mejorados que son revisados y aprobados por el Departamento de Energía de los Estados Unidos de América para su adopción en los estados. La mayoría de los estados los aplican, algunos van haciéndolo lentamente y otros en absoluto.

La ASHRAE y el Código Internacional de la Conservación de Energía (IECC, por sus siglas en inglés) son las primeras fuentes de código primario. Su trabajo va muy de cerca y conduce las actividades del código de construcción en América.[21]

La ASHRAE y el DOU han sido más agresivos en su búsqueda de ahorro de energía en los últimos años. En 2013, la ASHRAE emitió un importante endurecimiento del Código Energético para Construcciones, excepto en los Edificios Residenciales de Baja Altura (90.1). La meta anunciada es un ahorro energético de 50 por ciento más que lo establecido por la norma de 2006 para construcciones.

El Banco Mundial es un fuerte apoyo para los Códigos de Eficiencia Energética para la Construcción (BEEC, por sus siglas en inglés), tal como quedó expresado en el Documento de trabajo 204, "Integración de códigos de eficiencia energética para la construcción en países en desarrollo; experiencia y lecciones mundiales para los primeros usuarios" (2009).

Puesta en marcha de las construcciones

La puesta en marcha de las construcciones es el proceso mediante el cual se verifica que todos los sistemas de una construcción estén trabajando en la forma en la que el dueño, el arquitecto y el ingeniero habían previsto. El alcance es inclusivo: calefacción, ventilación, aire acondicionado, iluminación, plomería, sistema eléctrico, revestimiento del edificio, sistema de desagüe y sistemas de control.

Inicialmente, la puesta en marcha ha sido vista como algo que se hace en una construcción nueva. Esta sigue siendo una prioridad, particularmente para edificios con sistemas avanzados como por ejemplo sistemas solares, almacenamiento de energía, gestión de carga, vidrios inteligentes, etcétera. La experiencia muestra que también es bueno contar con un profesional certificado en puesta en marcha como parte del equipo de diseño de la construcción, con el fin de ayudar a asegurar que los sistemas funcionarán juntos sin problemas, así como también para identificar problemas rápidamente si algo va mal. La puesta en marcha también ayuda a reconocer las responsabilidades de los operadores de la construcción y sus habilidades, entrenamiento y desempeño necesarios. Desde que las funciones de la construcción han cambiado, los subsistemas fallan, y las tecnologías avanzadas se hacen accesibles, las "re-puestas" en marcha tienen sentido.

Normas y niveles para electrodomésticos, equipo e iluminación

La forma más extensa y rápida para ahorrar energía tradicional y reducir la emisión de gases de efecto invernadero es a través de electrodomésticos, equipos e iluminación más eficientes. Hay múltiples razones. Las nuevas tecnologías están mejorando rápidamente la eficiencia y el rendimiento, sobre todo en cuanto a la iluminación. La vida útil de los electrodomésticos es corta, comparada con las construcciones, así que los productos avanzados se introducen más rápido, incluyendo productos renovables eficientes y nuevos. Los ahorros en electricidad y combustibles no son sólo en el lugar, sino que también hay ahorros que respaldan la cadena de fuentes de energía primaria: líneas de transmisión, plantas de energía, minas, oleoductos, refinerías, pozos, etcétera. Los avances no sólo están cumpliendo las necesidades de los consumidores tradicionales, sino que también llevan productos energéticos modernos a las poblaciones desatendidas del mundo.

Estados Unidos tomó la delantera al adoptar normas para los aparatos eléctricos, iniciando su trabajo en 1975 en respuesta al embargo de la OPEP en 1973. El desafiante proceso tiene algunas lecciones que siguen siendo relevantes para los políticos modernos. Ver recuadro 2.

21. El Código Internacional de la Conservación de Energía es desarrollado bajo el auspicio del Consejo Internacional de Códigos y el proceso de consenso del gobierno. El código considera todas las construcciones residenciales y comerciales. El IECC fue adoptado como referencia por la ASHRAE 90.1. El Departamento de Energía de los Estados Unidos apoya la adopción por parte de los estados del IECC en los edificios residenciales, pero actualiza sus códigos cada tres años.

Recuadro 2. Aplicación de normas: lecciones aprendidas

En respuesta al embargo petrolero de la OPEP, Estados Unidos aprobó la Ley de Política y Conservación Energética (EPCA por sus siglas en inglés) en 1975, la cual estableció los procedimientos de prueba de los aparatos, el etiquetado y los objetivos de ahorro de energía. Para 1979, los resultados de confiar exclusivamente en los objetivos fueron decepcionantes y el Congreso aprobó una enmienda ordenando al Departamento de Energía que estableciera normas obligatorias para los aparatos eléctricos.

Lección: Niveles de energía: Energy Star, etiquetas obligatorias que muestran el rendimiento energético y el costo anual estimado, etiquetas de kilómetros por litro en los coches, etcétera, influyen en la energía, son ambientalmente sensibles e informan sobre el costo y el ciclo de vida a los consumidores, pero para tener un mayor impacto se necesitan normas obligatorias.

La enmienda de 1979 establece directrices para las normas, como son niveles de eficiencia más fuertes "tecnológicamente posibles" y "económicamente justificables." Ronald Reagan fue elegido presidente en 1979. Guiado por su antipatía hacia el Gran Gobierno, el Departamento de Energía fue llevado a decidir que no había normas para electrodomésticos que fueran económicamente justificables y el Departamento de Energía publicó "no hay una norma estándar" en el Registro Federal.

Los estados respondieron adoptando sus propias normas a los electrodomésticos, cada una un poco diferente a las de otros. Los fabricantes se desconcertaron ante la perspectiva de tener que arreglárselas con sus productos para satisfacer ese laberinto de diferentes normas estatales. Los fabricantes y los ambientalistas se reunieron, hicieron un borrador de ley que balanceaba los negocios y las prioridades medioambientales, enviaron el proyecto de ley al Congreso, presionaron para que lo consideraran y, así, el Congreso aprobó la Ley Nacional de Conservación de Energía para Electrodomésticos en 1987, con la cual se establecieron estándares mínimos de eficiencia para aparatos domésticos comunes.

Lección: Los fabricantes y los grupos ambientalistas tienen intereses comunes respecto a las normas eficaces y viables para equipos y electrodomésticos, así que deben participar en el diseño e implementación de cualquier programa.

Lección: La cobertura del programa necesita ser lo suficientemente amplia para incluir los mercados de electrodomésticos existentes y previstos para el futuro. En 1987 se trataba de estados; un cuarto de siglo más tarde, esto se refiere a mercados internacionales de América.

Desde 1987, la cobertura de los aparatos y equipos de los Estados Unidos ha continuado creciendo para abarcar iluminación, plomería, motores eléctricos, calentadores de agua comerciales, sistemas HVAC (siglas de "heating, ventilation and air conditioning") y muchos otros productos. Ahora aproximadamente 50 categorías de electrodomésticos, equipo e iluminación están consideradas por el programa del Departamento de Energía. Los productos regulados son responsables del 90 por ciento de la energía de las construcciones residenciales, 60 por ciento del consumo de energía en la construcciones comerciales y aproximadamente 29 por ciento del consumo industrial.[22]

De acuerdo a las Perspectivas Energéticas Internacionales se prevé que: "El consumo residencial de energía en los Estados Unidos crezca mínimamente entre 2010 y 2040, de acuerdo a las normas de eficiencia energética estatales y federales que limitan el crecimiento del consumo de energía del equipamiento residencial".[23] El mayor ahorro energético es en la iluminación a través de la eliminación gradual de la mayoría de las lámparas incandescentes. Canadá ha tenido ahorros similares gracias a su Ley de Eficiencia Energética de 1992, la cual abarca a más de 30 productos.

Con base en esta experiencia, un programa para equipo avanzado, electrodomésticos e iluminación en América tiene el potencial para enormes ahorros energéticos y reducciones de emisiones de carbono. Un requisito práctico son los laboratorios de pruebas de rendimiento para electrodomésticos en regiones multinacionales, e instalaciones básicas para asegurar el cumplimiento. La evaluación de mercado debe cubrir todos los grupos de ingresos. Los fabricantes tienden a enfocarse en el mercado de lujo para pro-

22. Cymbalsky, John, Director del Programa de Normas para Aparatos y Equipos del Departamento de Energía. Presentation at the DOE Building Technology Office Peer Review, Arlington, Virginia. 22 de abril, 2014, y http://energy.gov/eere/buildings/history-and-impacts

23. *Op cit,* IEO. p. 114.

ductos mayores. La inclusión de tecnologías avanzadas en productos modestos para compradores con ingresos medios es importante, particularmente en barrios urbanos en crecimiento. La regulación debe extenderse a dichos productos para llevar energía moderna a las poblaciones desatendidas de la actualidad. Las academias de ciencias con su comprensión acerca de estas cuestiones técnicas y sociales, y sus contactos internacionales, podrían desempeñar un papel central en llevar estos planes hacia delante.

Más allá de códigos y normas

Mientras las etiquetas Energy Star, Leed y Resnet[24] fueron llamando la atención en los Estados Unidos, recibían poca atención en los países de Latinoamérica y el Caribe hasta hace unos diez años. Eso ha cambiado, informa César Ulises Treviño, presidente del Consejo Mexicano de Edificación Sustentable, de acuerdo a lo escrito en *EDC*, revista de LEED.[25]

Él atribuye este cambio a mecanismos financieros innovadores, a la capacitación y educación laboral, a la conciencia gubernamental y a la construcción de capacidades. Entre los países pioneros se incluyen México, Brasil, Colombia, Argentina, Chile y Perú. En estas primeras etapas, él escribe que lo que se necesita son "historias exitosas y hechos duros confiables".

Agricultura, incluyendo silvicultura y pesca

La proporción de energía usada por la agricultura, la silvicultura y la pesca en América es pequeña, sólo el 1.2 por ciento, pero el volumen de esta energía en cuanto al medio ambiente y el cambio climático, es enorme. Más del 46 por ciento de las emisiones de gas de efecto invernadero en los países de América Latina y el Caribe proviene del cambio en el uso de suelo, en comparación al porcentaje mundial del 18 por ciento.[26]

Brasil, hogar del 60 por ciento de la selva amazónica, es el vórtice de este choque entre bosques y agricultura, y el desafío de cambio para los países vecinos. El impacto afecta a poblaciones indígenas y al calentamiento mundial. Hasta el año pasado, Brasil fue reconocido por la agresiva aplicación de su Código Forestal de 1965, cuya selva disminuyó de 10 mil 588 millas cuadradas en 2004 a 1 mil 797 en 2011.

Esto cambió el año pasado. La tasa de deforestación aumentó 28 por ciento en 2013. La Ley Forestal cambió en 2012, un cambio inicialmente aclamado como el equilibrio de las pasiones entre ambientalistas y "ruralistas" que se oponían a las restricciones en cuanto a la agricultura. El resultado ahora no está claro. Los ruralistas están buscando una interpretación liberal a sus derechos agrarios. El Gobierno se comprometió a cumplir enérgicamente con la petición de que los agricultores conservaran hasta 80 por ciento de la selva en sus tierras.

Esto es sobre todo un problema político que se ha dramatizado en Brasil, pero similares problemas de agricultura y silvicultura se han presentado en países vecinos del Amazonas y a través de América. La ciencia y la ingeniería pueden ayudar a llevar estos asuntos adelante. Algunos ejemplos:

El seguimiento y la aplicación de los requisitos de conservación de selva en los agricultores de Brasil es fundamental para el éxito de la nueva ley. Los municipios están preparando un registro rural ambiental, una base de datos que asignará superficies determinadas para agricultura y preservación en cada propiedad. Las avanzadas fotografías satelitales pueden simplificar la tarea. El municipio de Alta Floresta en el estado de Mato Grosso está optando por aeronaves no tripuladas.[27]

Un nuevo estudio realizado por investigadores y colaboradores internacionales en la Universidad de California en Berkeley, respalda las prácticas de ganadería sostenible en Brasil.[28] El estudio, publicado en *Proceedings of the National Academy of Sciences*, dice que Brasil podría reducir su tasa de deforesta-

24. La Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos estableció el criterio para la certificación Energy Star. El Consejo para la Edificación Sustentable de los Estados Unidos estableció el LEED (por sus siglas en inglés), Liderazgo en la Energía y Diseño Ambiental, un programa de edificación sustentable. La Red de Servicios de Energía Residencial (RESNET por sus siglas en inglés) ofrece entrenamiento y certificación para sistemas domésticos de calificación energética (HERS por sus siglas en inglés).

25. http://goo.gl/UzijtW Descargado en 5/7/2014.

26. IDB. Áreas de acción-mitigación. http://goo.gl/Qop5xP

27. *Financial Times,* Apr. 22, 2014. p.3.

28. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1307163111

ción a través de un uso más productivo de los pastizales. Las prácticas de ganadería "semi-intensivas" incluyen la rotación de donde los animales pastan, la planificación más frecuente de mejores pastos y la modificación del suelo para desbloquear más nutrientes.

El problema de la deforestación del Amazonas se extiende más allá de Brasil y también lo hacen las controversias relacionadas con el tema. Por ejemplo: la catastrófica inundación de 2014 en la cuenca del Río Madeira en la selva amazónica de Bolivia y Brasil. La inundación causó 60 muertos y 66,000 familias fueron desplazadas.

Los ambientalistas y las autoridades bolivianas culparon a las represas hidroeléctricas construidas sobre la frontera con Brasil.

"Esto es ilógico" según Mark Dourojeanni, profesor emérito de la Universidad Nacional Agraria de Lima, Perú, citado en el Inter Press Service.[29] La deforestación fue el principal impulsor, dijo. El Madeira es el principal afluente del Amazonas, trayendo lluvia y nieve derretida desde los Andes por las laderas hasta el Madeira y el Amazonas, cubiertas de selva hace mil años. Ahora están al descubierto, a causa de incendios provocados con el fin de despejar la tierra para la agricultura de subsistencia, según Dourojeanni.

A nivel internacional, la deforestación en países en desarrollo ha ganado mayor atención en virtud de la Convención de la ONU sobre el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés) y el Protocolo de Kioto. Un mecanismo de referencia para reducir las emisiones de la deforestación en países en desarrollo (REDD por sus siglas en inglés) fue presentado por Costa Rica y Papúa Nueva Guinea en 2005. El mecanismo proporcionaría incentivos para países boscosos en desarrollo para proteger y gestionar mejor sus recursos forestales con los pagos por las reducciones de emisiones verificadas. REDD sigue atrayendo la atención y respalda diferentes foros y convenciones de la ONU pero la acción sigue pendiente. La situación está bien descrita en el título de Políticas Actualizadas por los Recursos de Política y Práctica del Cambio Climático: "¿REDDy[30] para unir las piezas del rompecabezas?"[31]

Resumen

Las mejoras en la eficiencia energética tienen múltiples beneficios. Reducen costos y aumentan la competitividad, disminuyen los impactos ambientales adversos y mejoran la seguridad nacional. Los beneficios de la eficiencia energética deben buscarse desde las fuentes de energía hasta sus usos finales.

Los países en América están en una posición favorable para avanzar en estas mejoras debido a su combinación de recursos y usos energéticos, geografía, clima e historia de colaboración en cuanto a las principales prioridades compartidas. Las principales oportunidades para aumentar la eficiencia energética están disponibles en una rica mezcla de recursos para usos finales de la industria, la transportación, la construcción y la agricultura. Las academias científicas y las organizaciones de América pueden traer conocimiento y comprensión para un programa de colaboración que avance con el fin de alcanzar estas oportunidades.

Recomendaciones

- El apoyo a la eficiencia energética en estos países de América es un componente central de las políticas y programas de energía pública.
- Reconocer las oportunidades para aumentar la eficiencia energética desde las fuentes de energía hasta sus usos finales.
- Optimizar la introducción de tecnologías avanzadas de ahorro energético a través del intercambio de investigación, desarrollo, demostración y experiencia en la implementación entre países.
- Construir relaciones constructivas entre gobiernos a todos los niveles: fabricantes, instituciones

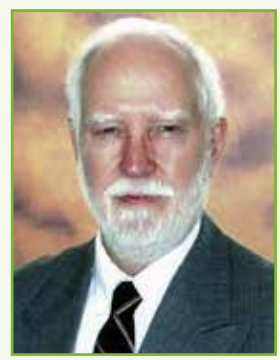
29. InterPress Service, "Deforestation in the Andes Triggers Amazon "Tsunami", por Mario Osava. 16 de abril, 2014. Dourojeanni, un agrónomo e ingeniero forestal, encabezó la División de Medio Ambiente del Banco Interamericano de Desarrollo en la década de los 90.

30. Juego de palabras entre las siglas de REDD y "listo" en inglés.

31. *Climate Change Policy & Practice,* por Eugenia Recio y Alice Bisiaux. "REDDy to Put the Jigsaw Together?" 8 de abril, 2013.

financieras, organizaciones no gubernamentales y otros, con el fin de fomentar una cooperación informativa y respetuosa.
- Informar al público en general, de forma comprensible, a través de medios de comunicación populares acerca de cómo los avances de la ciencia pueden mejorar su futuro energético.
- Participar activamente en el proceso de creación de redes eléctricas multinacionales que optimicen el poder central, la generación distribuida, las fuentes renovables, la medición neta, las redes inteligentes, la gestión de la demanda, la eficiencia energética y los precios razonables de kWh.
- En el sector industrial, apoyar las estrategias multinacionales para la eficiencia de las industrias con alto consumo energético y respaldar a las industrias chicas y medianas a través de centros de evaluación industrial universitarios.
- En el sector de transportación, priorizar y apoyar las inversiones en infraestructura de varios países que mejoren la eficiencia y minimicen los impactos ambientales, y en las zonas urbanas aplicar las directrices de la ASI para optimizar el servicio, el ahorro de energía y los beneficios medioambientales.
- En el sector de construcción, apoyar la planificación del uso de suelo que optimiza la energía y las relaciones ambientales entre construcciones residenciales y comerciales, transportación y uso de tierra industrial; adoptar y reforzar los códigos de eficiencia de la construcción; integrar recursos energéticos renovables en los sistemas de construcción, así como adoptar y reforzar las normas para electrodomésticos, equipos e iluminación.
- En los campos de agricultura, silvicultura y pesca, existe un creciente reconocimiento de la importancia de los planes estratégicos para las políticas y programas del futuro. IANAS tiene una perspectiva científica norte-sur y un sur-sur que puede añadir amplitud y visión a estos planes.

John Millhone



Representa a la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos (U.S. National Academy of Sciences) y es el copresidente del Programa de Energía IANAS. Comenzó su carrera en el periodismo con un título de la Universidad de Missouri y empleos con la Associated Press, la Detroit Free Press y el Des Moines Register. Después del embargo petrolero de la OPEC en 1973, Millhone fue nombrado director de la nueva oficina de energía de Iowa y posteriormente de la oficina de energía de Minnesota, y en 1979 se unió al Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE por sus siglas en inglés). En el DOE, administró los programas de investigación de construcciones y regulación así como programas dedicados al cambio climático y a la transferencia de tecnología en Estados Unidos y el extranjero, antes de retirarse en 2003. Durante su estancia en el DOE, presidió el Grupo de Trabajo de Uso Final IEA. Desde su retiro ha trabajado como consultor para la Federación de Científicos Americanos (Federation of American Scientists) el Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley (Lawrence Berkeley National Laboratory), y el Fondo Carnegie para la Paz Internacional (Carnegie Endowment for International Peace). Es miembro de la junta directiva de CLASP, la red global para los estándares y el etiquetado de los aparatos.

Capítulo 2

Dos mujeres guatemaltecas cargan leña recolectada para cocinar para su familia en Chichicastenango, Guatemala.

Energía para las poblaciones desatendidas

Alcanzando las necesidades básicas de las personas más pobres en América Latina y el Caribe

Mónica M. Gómez, Rafael Espinoza y Manfred Horn | Perú

Resumen

En la primera parte del capítulo se muestra, para los países de ALC, la necesidad de los más pobres de tener acceso a energía. Para ello, en base a datos del Banco Mundial y CEPAL, se relacionan el consumo de energía con el producto bruto interno y la pobreza, según el área sea rural o urbana. Destacan aspectos como que más del 90 % de la población dispone de electricidad en sus viviendas y que la zona rural, en la mayoría de los países, es la que representa la "población desatendida", con 17 millones sin acceso a electricidad. En la comparación de los diferentes países, se muestra como el consumo de electricidad implica, en promedio, un crecimiento proporcional del Producto Bruto Interno (6.7 US$ / kWh), pero tiene una relación inversa con la pobreza. Se observa también que, en promedio, la pobreza ha disminuido 10% entre 1999/2002 y 2011/13.

En las siguientes partes del capítulo se discute con más detalle tres necesidades básicas de energía en las zonas rurales: cocción, iluminación y, en las regiones alto andinas, calefacción de viviendas.

Aproximadamente 150 millones de personas en ALC queman leña o estiércol para cocinar sus alimentos, lo que representa no solo un problema energético, sino también un complejo problema con componentes sociales, de salud y ambientales. En respuesta a esta problemática se ha venido desarrollando una gran diversidad de programas orientados a la instalación de lo que se conoce como cocinas mejoradas. Como ejemplo se describen experiencias notables de algunos países de ALC, en los cuales se han introducido varios millones de estas cocinas mejoradas o se han realizado esfuerzos con otras tecnologías de cocción.

Después de la necesidad de energía para cocción, la energía para iluminación sigue en prioridad para la población rural pobre que no dispone de electricidad en su casa, y requiere mecheros y velas para la iluminación. La extensión de las redes eléctricas es muy costosa en estos casos, dada la baja densidad poblacional y el difícil acceso geográfico. Para esta población la solución sostenible más factible actualmente está representa por un sistema fotovoltaico. En particular

los denominados Sistemas Pico Fotovoltaicos, que incluyen en forma compacta: lámparas de LED y baterías de Litio-ion, y que tienen un costo de US$ 30 -135, pueden satisfacer las necesidades básicas de iluminación.

Finalmente se describe la necesidad de energía para calefacción de casas en las zonas alto andinas que alcanzan temperaturas muy bajas. Se detalla diferentes propuestas técnicas como enfrentar este problema, basadas en mejoras de aislamiento térmico de las casas tradicionales y el aprovechamiento de la alta intensidad de la energía solar en estas zonas (5-6 kWh/m2 día).

Se destaca que existen tecnologías económicamente viables que pueden satisfacer las necesidades básicas de energía de la población más pobre de ALC. Sin embargo, para implementarlas en forma masiva y sostenible se requiere difundir el conocimiento de las tecnologías normadas y certificadas, establecer redes técnico-comerciales, y promover sistemas de microfinanciación.

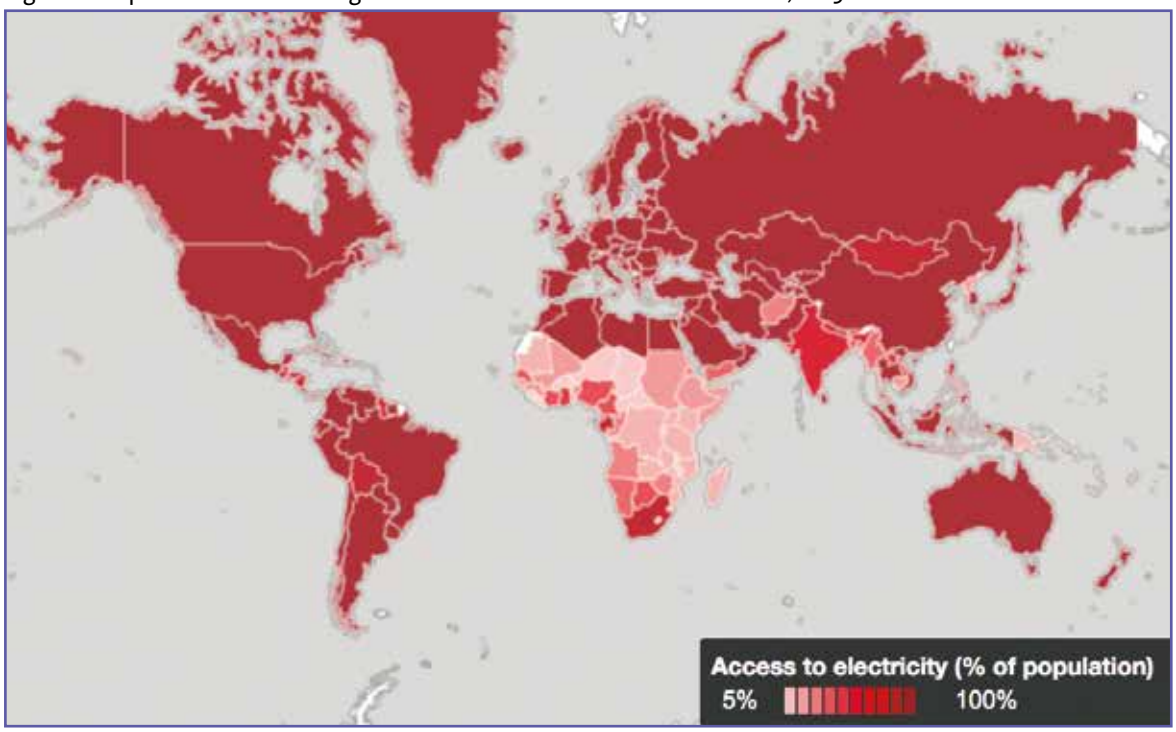
En el año 2007, el InterAcademy Council publicó el informe "Iluminando el camino. Hacia un futuro con energía sostenible". Esta publicación se constituyó no sólo en el punto de partida para el Programa de Energía del IANAS, sino también en una de las contribuciones que, a nivel mundial, abrieron el debate en torno a la importancia de un adecuado y eficiente uso de la energía. Las conclusiones presentadas entonces, aun poseen completa validez en particular cuando se señala que: "Alcanzar las necesidades energéticas básicas de los más pobres en este planeta es un imperativo moral y social que puede y debe alcanzarse en concordancia con objetivos sostenibles" (1). Conclusión que se encuentra en armonía con uno de los objetivos de la iniciativa "Energía sostenible para todos" (SE4All): "Garantizar el acceso universal a los servicios energéticos modernos", presentado en setiembre del 2011 por el Secretario General de las Naciones Unidas, Ban Ki-moon: (2).

Con los recientes acuerdos tomados en Paris durante la COP21, llevada a cabo entre el 30 de noviembre al 11 de diciembre del 2015, se sabe que se hará el mayor esfuerzo por evitar que el aumento de la temperatura global supere los 1.5 grados centígrados, dado que este aumento tendría un efecto devastador sobre muchas zonas vulnerables, en especial las que se encuentran en países en desarrollo, que aún cuentan con ecosistemas únicos y frágiles, en los cuales se pueden presentar sequías, inundaciones y olas de calor. Por ejemplo, se señaló que entre los años 1994 y 2013 cinco países, de los 10 más afectados a nivel mundial, se ubicaron en América, y que los más afectados fueron Honduras y Haití, seguidos por Nicaragua, Guatemala y República Dominicana (3).

En el presente capítulo se mostrará para los países de ALC la necesidad de los más pobres a acceso de energía, a los cuales se considera como "poblaciones desatendidas". Para ello, en base a datos estadísticos obtenidos del Banco Mundial (4) y CEPAL (5), se relacionarán parámetros como el consumo de energía con el producto bruto interno y la pobreza, o el acceso a energía según el área sea rural o urbana. Si bien es cierto no se accedió a información actualizada de algunos países importantes en la región como Argentina, Cuba y Venezuela (país con las mayores reservas probadas de petróleo en el mundo), para el resto de países se reconoce que la zona rural es la que representa la "población desatendida" con 17 millones de personas sin acceso a electricidad, lo que contrasta con los 5 millones de personas para el caso urbano. También se desarrollarán, como experiencias específicas, tres aspectos que determinan el proceso de energización en las zonas rurales: cocción, iluminación y calefacción.

Un paso previo al desarrollo de los temas antes mencionados pasa por identificar la brecha energética mundial existente entre los países ubicados en África subsahariana y al sur de Asia, y el resto del mundo. En los primeros se concentran la mayoría de los más de 1 300 millones de personas que aún no disponen de electricidad en sus viviendas (Figura 1) (4). Más aún, mientras en ALC, más del 90% de su población cuenta con acceso a electricidad, lo que representa 22 millones de personas sin electricidad; en África, durante el 2014, ha aumentado en esa misma cifra la cantidad de personas que no accede a electricidad (6).

Figura 1. Mapa del acceso de energía a nivel mundial. Fuente Banco Mundial, 2015.

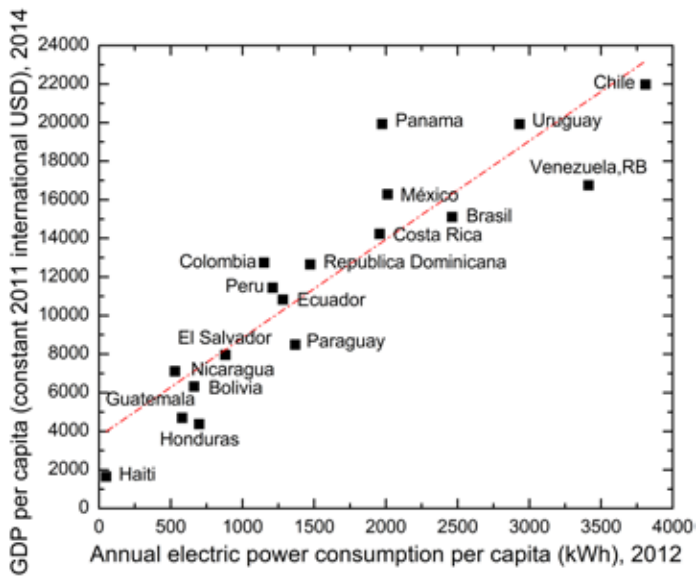


4.1 Energía y pobreza: Situación general

Es un lugar común afirmar que para una población la capacidad (consumo) de acceder a energía está directamente relacionada con su bienestar, y este a su vez puede cuantificarse mediante el producto bruto interno per cápita. Esta afirmación se observa en la Figura 2 donde se muestran ambos parámetros para algunos países de la región. De la figura destacan tres aspectos:

- La relación proporcional entre ambos parámetros, que representa un GDP de 6.7 USD por kWh de energía eléctrica.
- Los casos extremos de la curva: Chile y Haití; para este último país su GDP per cápita es de 1652 USD, trece veces menor que el de Chile, y el consumo eléctrico per cápita durante el año 2012 fue de 50 kWh, setenta veces menor que el de Chile.
- Los países que más se "desvían" de la relación proporcional: Venezuela y Panamá: para el primero la razón per cápita, (GDP/consumo eléctrico), es de casi 5, mientras que para el segundo es el doble.

Figura 2. Consumo de energía eléctrica per cápita para algunos países ALC, relacionado con el producto bruto interno. Los puntos son los datos y la línea corresponde a un ajuste de proporcionalidad entre ambos parámetros. Gráfica elaborada con datos tomados del Banco Mundial y CEPAL



Por otro lado es interesante observar cómo se relacionó el consumo de energía eléctrica per cápita (2012) con la pobreza nacional (2014), relación que se presenta en la Figura 3.

Figura 3. Consumo de energía eléctrica per cápita para algunos países de ALC, relacionado con su pobreza nacional. Los puntos son los datos y la línea corresponde a un ajuste lineal de los mismos. Gráfica elaborada con datos tomados del Banco Mundial y CEPAL.

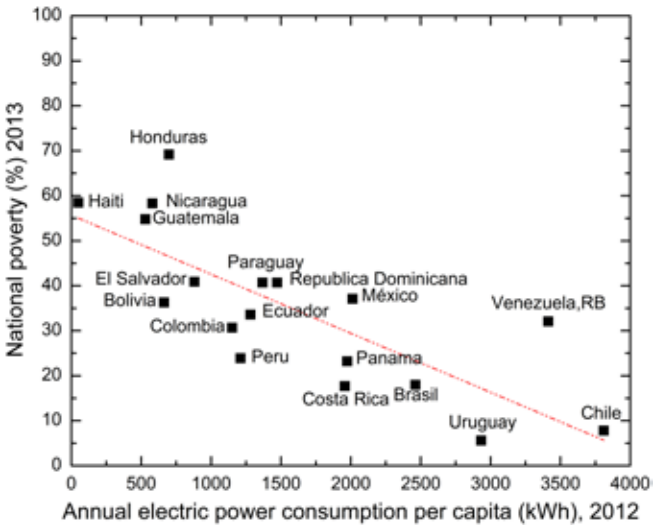
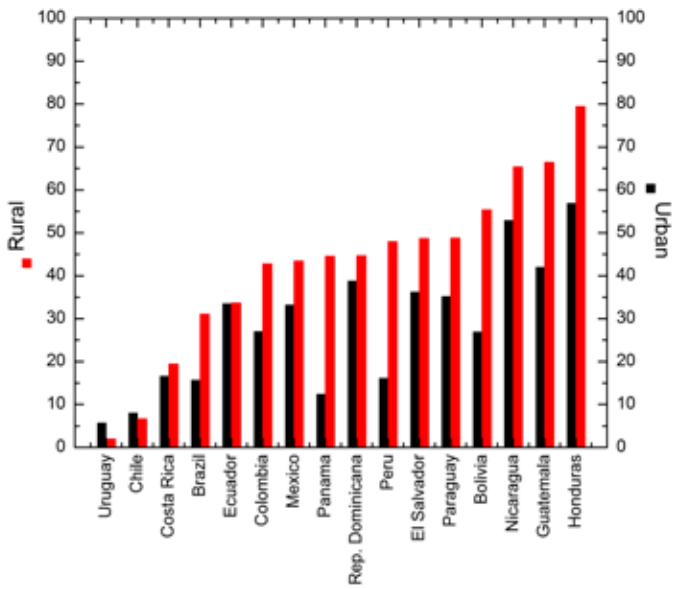


Figura 4. Población en condición de pobreza (%) en áreas: rural y urbana, para los países indicados, para el rango de años 2011-2013. Gráfica elaborada con datos tomados de CEPAL



De la figura 3 se puede resaltar:

- La relación inversa entre la pobreza y el consumo de energía eléctrica, es decir, mayor consumo de energía indica menor pobreza de la población.
- El caso de Chile, con un índice de pobreza menor al 8% y un consumo de energía eléctrica per cápita de más de 3 800 kWh, durante el año 2012; y el de Honduras, donde de cada 100 habitantes, 69 son pobres y el consumo de energía eléctrica por cada habitante fue de 700 kWh durante el mismo año.

Uno de los aspectos que caracterizan a los países en desarrollo es la brecha de pobreza entre zonas rurales y urbanas. La Figura 4 muestra la información más actualizada obtenida para cada uno de los países (en todos los casos los datos se encuentran entre los años 2011-2013). De la gráfica se tiene:

- De los dieciséis países presentados, solo dos poseen un índice de pobreza en las zonas urbanas ligeramente mayor que para el caso rural, estos son Uruguay y Chile, en los cuales la agricultura posee un estado de desarrollo industrial que la coloca como una actividad económica de importancia nacional, intensiva y de gran diversificación. A su vez son los países con los menores índices de pobreza, 6 y 8 % respectivamente, y los únicos con valores menores al 10%.
- Otros dos países donde los valores de pobreza para el campo y la ciudad son aproximadamente los mismos, son Costa Rica y Ecuador, con valores aproximados de 18 y 30% respectivamente. En estos países la agricultura también es una actividad industrial.
- Para el resto de países, se puede mencionar que existe una brecha definida entre las zonas rurales y urbanas, la cual es más profunda para países como Panamá, Perú y Bolivia, en los cuales la pobreza se presenta hasta dos o tres veces más intensa en el campo. Específicamente el caso de estos dos últimos países se abordará más adelante, al desarrollar el tema de calefacción para la población rural que no poseen viviendas adecuadas para climas con temperaturas debajo de los cero grados centígrados.
- Tres países, lo que representa el 19% del total de países mostrados, poseen una población urbana con un índice de pobreza mayor al 40%, estos son

Nicaragua, Guatemala y Honduras, los que a su vez presentan índices de pobreza rural mayor a 65%. No se pudo acceder a la información de Haití, que debe pertenecer también a este grupo.

- Once países, lo que representa el 69% del total de países mostrados, poseen una población rural con un índice de pobreza mayor al 40 %.

Entonces hablar de poblaciones desatendidas energéticamente para ALC también puede ser abordado desde el ámbito rural, sobre todo porque es allí donde viven más de 47 millones de personas pobres de toda la región de los cuales 17 millones aún no acceden a electricidad. Recientemente el Banco Mundial ha reportado los datos del acceso de electricidad para las poblaciones rurales correspondientes al año 2012. La Figura 5 presenta la fotografía de estos datos comparados con los correspondientes a la situación urbana.

Se observa que, en aproximadamente la mitad de países (45% del total de 22) su población rural tiene un acceso a electricidad menor al 90%. Lo que constituye una brecha energética entre la zona rural y urbana. No es representativo de la región el caso de Haití, cuya población urbana alcanza un acceso a electricidad de 72% y la rural del 15%.

Es entonces natural preguntarse ¿cómo se relaciona, en la zona rural, el acceso a la electricidad y la pobreza? Más aún, ¿cómo se modificó el índice de pobreza en la zona rural en los últimos 10 años? La Figura 6 da respuesta a estas interrogantes al presentar ambos datos, para los cuales se ha ordenado en forma creciente el índice de pobreza rural obtenido para los últimos años (2011-2013).

De esta figura destaca:

- La pobreza ha disminuido sin excepción en todos los países. Lo cual es notorio para Ecuador, en el que la reducción fue del 50%, o países como Brasil, Paraguay, Perú y Bolivia, en los cuales la pobreza disminuyó en más del 30%.
- Guatemala y Honduras, que presentan índices de pobreza nacional por encima del 60%, la disminución de pobreza fue menor al 5%.
- Uruguay, que posee un índice de pobreza rural de 2% y un acceso de más del 95% de electricidad. Cabe resaltar que este país ha desplegado enormes esfuerzos para alcanzar que el 95% de su electricidad provenga de fuentes renovables (7).
- Realizando un ajuste lineal de los datos para ambos grupos de años se encuentra que la pobreza ha disminuido en promedio 10% en un rango de alrededor de 10 años.

Figura 5. Porcentaje de la población con acceso a electricidad, para los países indicados, durante el año 2012, en las zonas: rural y urbana. Gráfica elaborada con datos tomados del Banco Mundial.

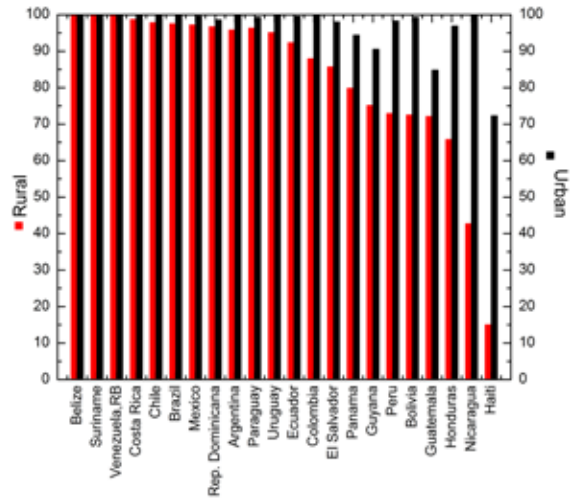


Figura 6. Relación del acceso a electricidad para la población rural, durante el año 2012, y la pobreza rural para los años 1999-2002 y 2011-2013. Los puntos son los datos y las líneas corresponden a un ajuste lineal de los dos grupos de años. Gráfica elaborada con datos tomados del Banco Mundial y CEPAL.

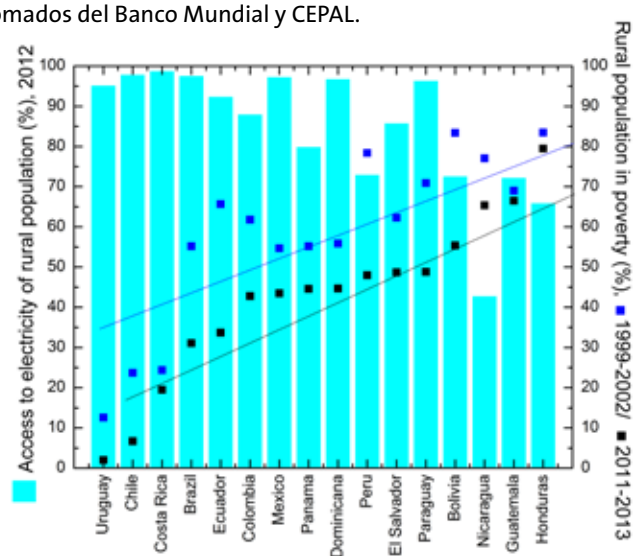
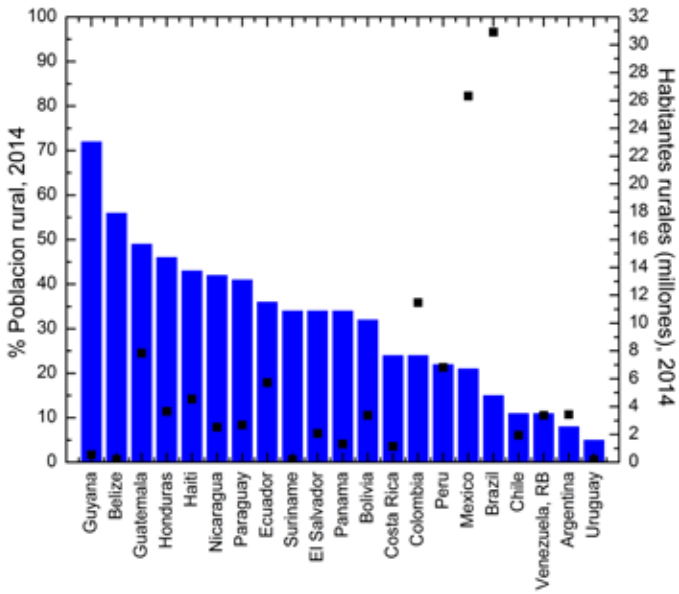


Figura 8. La contaminación del aire en el hogar debido a la cocción de alimentos empleando combustibles sólidos a fuego abierto. (foto EndeV)

¿Pero cuantas personas son las que realmente se encuentran habitando en las zonas rurales? La Figura 7 presenta el porcentaje de la población rural, ordenado decrecientemente para los países presentados, así también como el número total de pobladores que lo constituyen.

De toda la población para la región, aproximadamente igual a 590 millones, se tiene que los habitantes rurales son 111 millones, de los cuales más de 47 millones se encuentran en condición de pobreza, lo que contrasta con los más de 100 millones de pobres ubicados en las zonas urbanas y periurbanas. Sin embargo, la cantidad de pobladores sin acceso a electricidad en las zonas rurales (17 millones) es aún más de tres veces que la ubicada en las zonas urbanas y periurbanas (5 millones).

Figura 7. Relación del porcentaje de población rural con el número de habitantes que los constituyen. Gráfica elaborada con datos tomados del Banco Mundial.



4.2 Energía para cocción

La Contaminación del Aire en el Hogar (CAH)

A nivel mundial, más de 3 000 millones de personas (casi el 40% de toda la población) queman combustibles sólidos para la cocción de sus alimentos. Este proceso lo realizan empleando mayormente leña; que es quemada a fuego abierto dentro de sus viviendas. Esta forma de cocción es un proceso de combustión ineficiente de materia orgánica, que origina partículas sólidas y gases de efecto invernadero (GEI) como: el monóxido de carbono, óxidos nitrosos, óxidos de azufre y compuestos orgánicos; todos ellos de alta toxicidad, directa para los seres vivos e indirecta al ocasionar un gran desbalance en el medio ambiente (Tabla 1). Más aún, aproximadamente el 25% de emisiones de carbono provienen de la quema de combustibles sólidos para satisfacer las necesidades energéticas en los hogares más pobres (8).

Más aún, a nivel mundial durante el año 2012, se reportó que aproximadamente 4.3 millones de muertes prematuras fueron consecuencia de la CAH (9), cifra que sobrepasa el número de muertes ocasionadas por la malaria y el SIDA (WHO, 2014d). Además, el 50% de estas muertes prematuras se dio para niños menores de 5 años, debido a neumonía ocasionada por inhalación de partículas sólidas.

Tabla 1. Efectos sobre la persona y el ambiente de los productos originados por la combustión ineficiente de combustibles sólidos

Productos de combustión ineficiente de biomasa	Efectos sobre el ser vivo	Efectos sobre el ambiente
Partículas sólidas	Altamente tóxico para las vías respiratorias	Origina el "smog"
Monóxido de carbono (CO)	Ocasiona falta de oxígeno. Afecta el sistema cardiovascular y nervioso.	GEI.
Óxidos de nitrógeno (NOX)	Causante de procesos patológicos y tumorales. Ocasiona falta de oxígeno.	GEI.
Óxidos de azufre (SOX)	Irritante, afecta mucosas y vías respiratorias.	GEI, origina lluvia ácida, afecta crecimiento de vegetación.

Pero los aspectos de salud y ambiental originados por la CAH no son los únicos problemas que caracterizan esta forma de cocción de los alimentos. También se asocian a este proceso problemas sociales que afectan a los sectores más vulnerables de las poblaciones desatendidas, mujeres y niños, dado que la recolección del combustible está generalmente a cargo de ellos. Es decir, el tiempo invertido en conseguir leña debería invertirse en estudiar, para el caso de los niños, y en desarrollar alguna actividad económicamente productiva, para el caso de las mujeres.

La brecha de acceso a energía existente entre los países ubicados en África subsahariana y al sur de Asia, y el resto del mundo (presentada en la sección anterior), se replica también para el caso de la cocción de alimentos, es así que en ALC, se ubican aproximadamente 150 millones de personas, es decir el 5% de toda la población mundial que queman leña o estiércol para cocinar sus alimentos (10).

Las cocinas mejoradas como opción tecnológica

Como respuesta a esta problemática, por más de tres décadas, se ha venido desarrollando una gran diversidad de programas orientados a la instalación de lo que se conoce como cocinas o estufas mejoradas. Una amplia gama de ellas se han desarrollado con el objetivo de facilitar su apropiación por parte de la población. La estructura de estas cocinas está constituida básicamente por: una cámara de combustión aislada con una base de adobe y una abertura para el suministro de leña, las hornillas, un canal para la trayectoria de los gases y una chimenea para la eliminación de los mismos. Un esquema general de la cocina mejorada modelo Inkawasi, se muestra en la Figura 9.

Bajo óptimas condiciones de funcionamiento una cocina mejorada, se caracteriza por:

- El humo de la combustión no ingresa a la casa sino se libera por una chimenea.
- Se minimiza el riesgo de volcamiento de las ollas y por lo tanto de quemaduras.
- Ahorra combustible.
- Concentra el calor.
- La comida no tiene olor a humo y su cocción es más higiénica.
- La persona que cocina se mantiene en mejor postura.

Además, el impacto ambiental es favorable porque aminora la liberación de gases de efecto invernadero y disminuye la deforestación.

La experiencia ha mostrado que los programas de asistencia, donde se regalan cocinas mejoradas, no son la mejor forma de generar un proceso sostenible en las poblaciones más desatendidas. Los programas sociales deben buscar el equilibrio entre la protección a los más pobres sin crear un déficit fiscal. Se ha comprobado que los pequeños créditos son opciones viables, pero ellos se pueden promover cuando el futuro usuario está convencido que adquirir la tecnología es beneficio para su desarrollo. Parte de hacer sostenible la apropiación de las cocinas mejoradas como forma de cocción de los alimentos es generar un mercado que facilite su comercialización, ya que, así, el uso de esta tecnología no se va a ver afectado cuando la intervención de un programa de asistencia se suspenda.

Desde el 2010 a nivel mundial, todos los esfuerzos de implementar cocinas mejoradas vienen siendo nucleados por la Alianza Mundial para las Estufas Limpias (GACC por sus siglas en inglés Global Alliance for Clean Cookstoves), la cual se fundamenta en un objetivo concreto: "Cocinar no debe matar". La GACC es una Alianza que usa un enfoque basado en el mercado para conseguir la participación de un grupo diverso de actores: Instituciones gubernamentales, organismos no-gubernamentales, empresas y centros de investigación, para trabajar hacia un objetivo común. Uno de sus objetivos definidos es brindar 100 millones de cocinas limpias para el 2020, y alcanzar una intervención prioritaria en 8 países (Bangladesh, China, Ghana, Guatemala, India, Kenia, Nigeria y Uganda) (11).

Actualmente a nivel mundial se cuenta con una amplia gama de modelos de cocinas mejoradas que, como alternativas para la cocción, son viables, factibles y sostenibles pero que, para ser asimiladas por una determinada población, deben pasar necesariamente por responder a sus exigencias.

Conseguir que un programa de adaptación de cocinas mejoradas cumpla los objetivos inicialmente planteados puede presentarse como un proceso de desarrollo constituido por el nexo fuerte entre los aspectos: adopción, sostenibilidad, efectos e impactos. La Figura 10 muestra esta propuesta.

Experiencias notables en ALC

Específicamente en ALC se tienen ejemplos de proyectos de instalación de cocinas mejoradas que han alcanzado muy buenos resultados en los que han participado activamente organismos públicos y privados en forma conjunta. A continuación se presentan algunas experiencias destacadas tomadas del Primer Seminario Taller Latinoamericano de Cocinas Limpias, realizado entre el 16 y 17 de junio del 2014 en Lima, Perú.

- Honduras, donde más de 1.1 millones de familias usan fuego abierto para la cocción de sus alimentos. A la fecha van aproximadamente 150 000 cocinas mejoradas instaladas en todo el país. Aún no se cuenta con una política nacional para el desarrollo y promoción de la tecnología, ni tampoco se cuenta con procesos de normalización y evaluación.
- Bolivia, donde más de 730 mil familias dependen de biomasa como combustible para la preparación de sus alimentos. La construcción de cocinas mejoradas se empezó en los años 80´s en comunidades rurales en las cuales se construyó el modelo Lorena. Durante el año 2006 se produjo un gran impulso a nivel del Estado en cooperación con EnDev/GIZ. Actualmente son múltiples

Figura 9. Esquema general de una cocina mejorada tipo Inkawasi

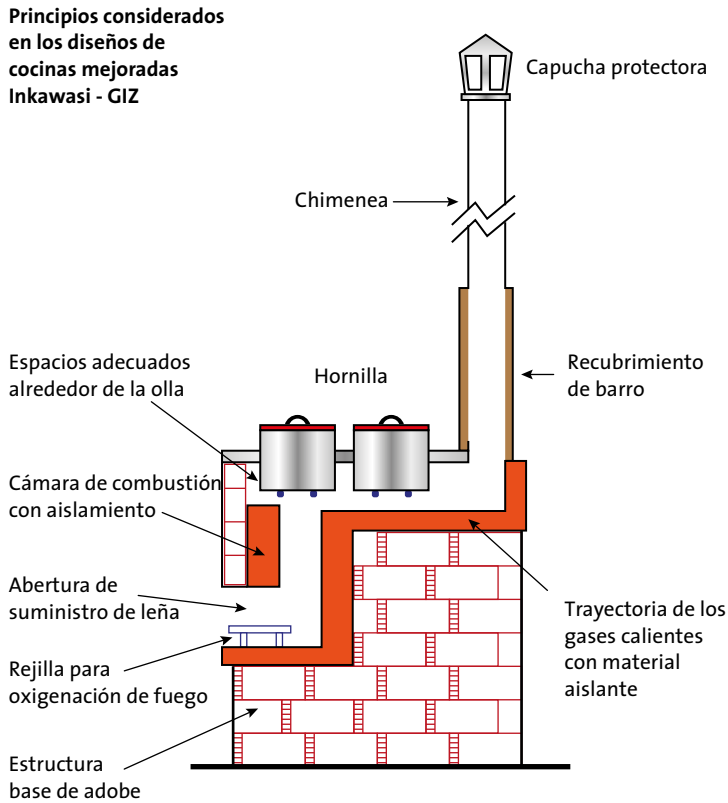


Figura 10. Proceso de desarrollo necesario para observar los impactos esperados en la población que adopta el uso de cocinas mejoradas.

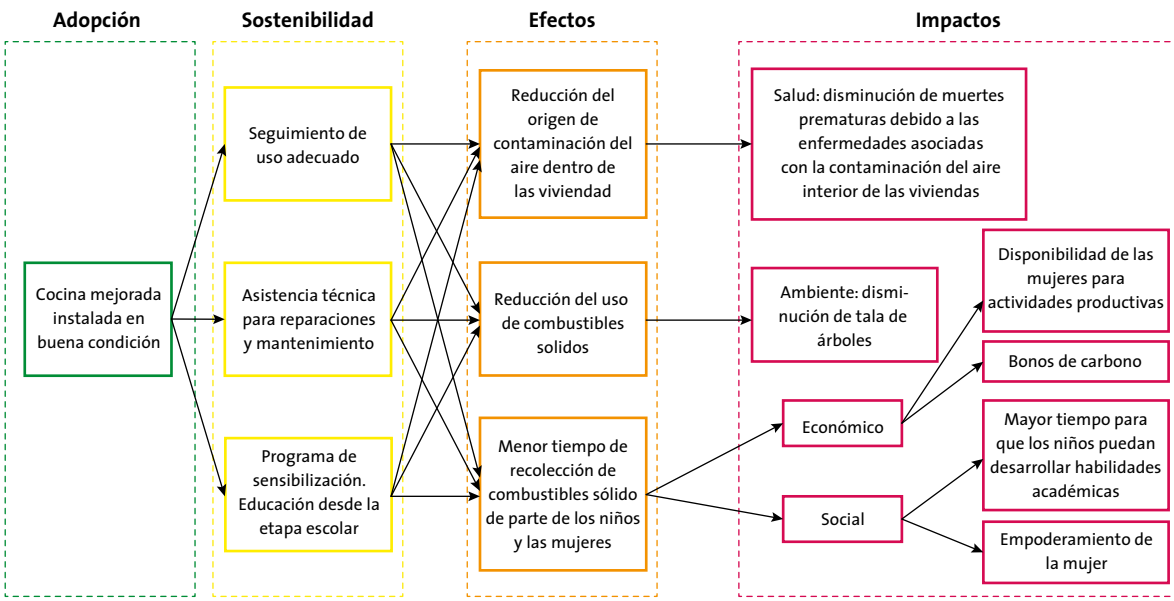


Figura 11. El uso de la cocina mejorada permite mejorar la calidad de vida de sus usuarios (foto EndeV)

instituciones que trabajan instalando cocinas en diversas regiones, donde el modelo con más difusión es del tipo Malena. Desde el año 2007 se creó el Centro de Pruebas de Cocinas, que es un ente neutral que regula y certifica el diseño de las cocinas mejoradas para su implementación en las comunidades, además es un centro referencial regional del GACC. Así también desde el año 2012 se cuenta con una Norma Nacional para la regulación del diseño de cocinas mejoradas.

- Perú, donde más de 2.2 millones de familias usan leña y bosta para la cocción de sus alimentos, lo que representa el 29% de la población rural.

  El uso de cocinas mejoradas se inicia desde los años 80´s mediante la implementación de pequeños proyectos. A partir del año 2008 se establece una estrategia de escalamiento constituida por una iniciativa nacional. Además se implementa un laboratorio de certificación y, mediante un Decreto Supremo se nombra un órgano certificador (SENCICO) con el objetivo de asegurar la calidad de los modelos de cocinas mejoradas. En el año 2009 se lanza la campaña: "Medio millón de cocinas mejoradas por un Perú sin humo" que, con la participación del Estado y diversos organismos no gubernamentales, hasta la fecha (2015) ha permitido la instalación de más de 287 000 cocinas mejoradas. Actualmente en este país se busca integrar las intervenciones para asegurar un proceso sostenible de la inversión en la tecnología.

Innovaciones tecnológicas

Si bien, como fue indicado anteriormente hay una vasta difusión de las cocinas mejoradas, ellas presentan aun diversas deficiencias, lo que dificulta el proceso de apropiación de esta tecnología, cuestionando inclusive su sostenibilidad a largo plazo. Frente a este problema existe una amplia gama de otras propuestas tecnológicas para la cocción entre las que destacan:

- Cocinas mejoradas portátiles.
- Uso de pellets de biomasas para cocinas con gasificación.
- Cocinas turbo.
- Cocinas de GLP (Acción asistencialista tomada

Figura 12. Uso de velas para iluminación en zonas rurales (foto EndeV)

por el Ministerio de Energía y Minas del Perú, que en lo que va del año 2015, va repartiendo más de 400000 cocinas GLP para los sectores más pobres).

- Cocinas solares.

4.3 Energía para iluminación

El uso de velas y mecheros

Después de la necesidad de energía para cocción, la energía para iluminación sigue en la prioridad energética para la gente pobre. Para la mayor parte de la población mundial la producción de luz con electricidad es hoy tan común que mucha gente y empresas usan la palabra "luz" para "electricidad". Lámparas eléctricas, cada vez más eficaces en transformar energía eléctrica en luz, son hoy la forma moderna de producción de luz artificial.

Como se mencionó en la sección 4.1, en el mundo hay todavía más de 1 300 millones de habitantes que no disponen de electricidad en su casa y que, por lo tanto, deben usar velas o lámparas de combustibles para tener luz (Figura 12), con todos sus efectos negativos: poca eficacia, contaminación, alto costo, daño para la salud, y con riesgo de incendios. Para esta gente es prioritario disponer de electricidad para poder usar lámparas eléctricas.

Para disponer electricidad en una casa, generalmente lo deseable es conectar la casa a una red eléctrica, lo que permite no solamente usar lámparas eléctricas, sino todos los equipos que usan electricidad como fuente de energía: Televisores, radios, refrigeradoras, motores, etc. Sin embargo, en la medida que aumenta la electrificación, aumenta también el costo de conectar el resto de las casa a la red, debido a que cada vez están más dispersas y más alejadas de una red existente, lo que disminuye también la sostenibilidad de estas conexiones. En el Perú, por ejemplo, conectar casas rurales a la red eléctrica costó en el año 2013 en promedio más de 1 800 USD. En estos casos es más económico, y más sostenible, generar localmente la electricidad con energías renovables, especialmente con paneles solares fotovoltaicos.

Luz para todos

Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios, SFD, ("Solar Home Systems, SHS") son considerados desde más de 25 años como una posibilidad de suministrar a una casa alejada de una red eléctrica en forma económica y sostenible la electricidad necesaria para fines de iluminación y comunicación. Un SFD tiene actualmente (2015) un costo de 400-2 000 USD, dependiendo del país y del tamaño (50-150 Wp, suministrando 6-20 kWh/mes, dependiendo del clima). Considerando el porcentaje relativamente pequeño de las casas sin electricidad en casi todos los países latinoamericanos, en varios países se han desarrollado programas para suministrar SFDs a la mayor parte de esas casas. Así, por ejemplo, en Bolivia hay más de 30 000 SFD, mayormente instalados con programas parcialmente subsidiados (14). En el Perú se han instalado más de 10 000 SFD y el Gobierno ha licitado en el año 2014 un programa para instalar hasta 500 000 SFD en los siguientes 4 años a casas remotas sin electricidad.

Un SFD consiste de un módulo fotovoltaico, típicamente de una potencia de 50-150 Wp, una batería, típicamente de 12 V de plomo acido de una capacidad de almacenamiento de energía de 1 kWh, diseñada para resistir un mayor número de ciclos de carga y descarga que las baterías usadas en automóviles, y un dispositivo electrónico que evita sobrecargas de la batería y la protege contra descargas profundas, que reducen la vida útil de la batería.

Generalmente los SFD trabajan a 12 V DC, pero también pueden incluir un inversor DC a AC (220 V). Como cargas de estos SFD se usa mayormente lámparas fluorescentes compactas. Los SFD son instalados en forma fija en la casa por un técnico, con cables que conectan los componentes del SFD.

La experiencia ha demostrado que el mantenimiento de un SFD requiere disponer de un servicio de post-venta, incluyendo capacitación de los usuarios y técnicos, y suministro de repuestos locales. No considerar esto ha llevado a muchos proyectos de SFD al fracaso.

En los últimos años había una reducción sustantiva del costo de módulos fotovoltaicos (costo de fábrica: de 3 US$/Wp en 2005, a 0.6 US$/Wp en 2015). También hay un desarrollo muy rápido de nuevas baterías de Li-ion, de alta densidad de carga y con vidas útiles de 3 o más años y, por otro lado, de lámparas LED, "diodos emisores de luz", (ver cuadro siguiente), que ha llevado a un desarrollo tecnológico vertiginoso de "pico sistemas fotovoltaicos", de tipo "plug and play" y con un costo muy inferior al costo de un SFD, con un alcance mayor para la gente pobre.

"Sabías que..."

¿Qué luz y cuánta luz necesitamos?

El ojo humano es sensible a radiación electromagnética, llamada "luz", si la longitud de onda está en el rango de 400 nm (luz violeta) hasta 800 nm (luz roja), con una máxima sensibilidad para la luz verde. La luz del sol, que tiene radiación de todos colores, la llamamos luz natural o "luz blanca". Mezclando luz azul, verde y roja, también nos da la sensación de luz blanca (técnica usada, por ejemplo, en televisores).

Mientras que la potencia de la radiación electromagnética se mide en watt, el "flujo luminoso", detectado por el ojo humano, se mide en lumen (lm). Una vela tiene un flujo luminoso de 10-15 lm, una lámpara de kerosene (con mechero), de 8-60 lm.

La intensidad de la luz que incide sobre una superficie, la "iluminancia", se mide en lumen/m^2 = lux (lx). Una vela produce a 1 m de distancia una iluminancia de 1 lx. Para reemplazar lámparas de combustibles en regiones rurales, se recomienda para poder leer iluminancias mínimas de 20-30 lx, y lámparas de 50 lumen o más, por habitación, y 300 lm por casa.

¿Por qué usar lámparas LED?

La eficacia de una lámpara eléctrica indica la intensidad de la luz obtenida, medida en lumen (lm) por cada watt (W) de potencia eléctrica consumida. Una lámpara incandescente tiene una eficacia de 10-15 lm/W, una lámpara fluorescente compacta, LFC, de 40-75 lm/W y buenos LEDs, 100-150 lm/W, es decir consumen 10 veces menos electricidad que una lámpara incandescente para producir la misma intensidad de luz. Adicionalmente, un LED tiene una vida útil 10-50 veces de una lámpara incandescente y es mucho más robusto que esta última y un LFC.

Sistema Pico-Fotovoltaico (SPFV)

Equipos pequeños y modernos, conocidos con el nombre de Pico–Fotovoltaico, ofrecen hoy una alternativa sostenible para el reemplazo del uso de velas o lámparas de petróleo, kerosene, con ventajas ambientales, pero también económicas, sociales y de salud para sus usuarios, descritos en diversas publicaciones con mucho detalle: (14-17).

Frente a esta situación han aparecido diversos programas de cooperación internacional y gubernamentales como también de ONGs, tal como Lighting Africa (18), Lighting Asia, y más recientemente, Lighting Global del Banco Mundial (19), para apoyar el mercado de estas nuevas tecnologías de iluminación para lugares alejados de la red eléctrica.

La tecnología de SPFV, está en pleno desarrollo. Modernos SPFV usan típicamente baterías recargables de Li ion (fierro fósforo), de una capacidad de 2-10Wh y vidas útiles de 3 a 5 años, lámparas LEDs con una eficacia de más de 100 lm/W, y un panel fotovoltaico de 3 a 10 Wp. El costo de estos SPFV, para el usuario, está en el rango de 30-135 USD.

Lighting Global ha desarrollado también unas especificaciones técnicas y procedimientos de su evaluación para garantizar una calidad mínima, recientemente consolidadas en la norma IEC 62257-9-5 (23) e incluye en su página web una relación de los equipos comercialmente disponibles que cumplen estos requisitos mínimos.

SPFV en el Perú

Las evaluaciones sociales y económicas de un proyecto de EnDev / GIZ que ha instalado y evaluado entre 2012 y 2015 más de 1000 SPFV en regiones rurales del Perú, ha resultado en algunas conclusiones en relación al uso de SPFV como una solución inmediata a la falta de servicios básicos de energía para iluminación en regiones remotas y dispersas en el Perú (21)

Un impacto fue la observación que los SPFV reemplazaron casi por complete el uso de velas y de lamparines de aceite de Diesel si las lámparas eran portátiles. La gente percibió como ventaja principal la mayor iluminación y la menor contaminación. En relación a la parte económica, la gente con un SPFV ahorraron en promedio 3 a 4 USD por mes, debido al ahorro en velas y aceite de Diesel. Esto representa en las comunidades estudiadas, que están debajo del límite de pobreza, 30 % del dinero usado para energía. La gente está consciente que la iluminación de los SPFV les permite realizar actividades de noche que antes no eran posibles. Como resultado del proyecto se puede decir, que los SPFV representan una tecnología capaz de resolver necesidades básicas de iluminación, con un impacto rápido en familias rurales que viven en regiones alejadas de una red eléctrica.

Figura 13. SPFV mostrando sus componentes

Además producen impactos locales importantes en un nivel social, económico y ambiental.

Por otro lado, considerando que la tecnología de los SPFV está rápidamente cambiando, los SPFV disponibles en el mercado, deben ser evaluados localmente para seleccionar los buenos sistemas, considerando las necesidades y características locales.

Con un presupuesto reducido se puede ayudar a mejorar la salud, economía y bienestar general de casi tres millones de peruanos en muy corto plazo, sin necesidad de contar con una electrificación más potente en un futuro no definido.

4.4 Energía para calefacción

Población expuesta a climas fríos de América

El continente americano posee una gran variedad de climas. Los climas cálidos se extienden por América central, el Caribe y gran parte de América del Sur. Los climas templados se desarrollan en las latitudes intermedias. Los climas fríos se ubican en las latitudes más altas y predominan en gran parte de América del Norte y en el extremo meridional de América del Sur.

La cordillera de los Andes, factor determinante de los climas de América, es una cadena montañosa de Sudamérica que se extiende casi paralela a la Costa del Pacífico, desde Cabo de Hornos hasta las proximidades de Panamá. Es uno de los sistemas montañosos más grandes del mundo que tiene 7 240 km de longitud, 241 km de ancho y un promedio de 3 660 m de altura. Desde su estrechamiento final al sur de Chile, los Andes se extienden en cadenas paralelas por Argentina, Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia. En Venezuela se divide en tres cadenas distintas. A lo

largo de su extensión, la cordillera se levanta abruptamente desde la costa del Pacífico.

Todos los pasos o puertos de montaña de los Andes situados al norte de la Patagonia, se ubican a gran altura (3 900-4 800 msnm) y son estrechos, escalonados y peligrosos. Entre sus formaciones de montañas y valles interandinos habitan aproximadamente trece millones de personas en altitudes comprendidas entre 3 000 y 5 000 msnm y comprometidas con actividades agropecuarias, distribuidas en Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, de acuerdo a la Tabla 2 (22).

Tabla 2. Población dedicada a actividades agropecuarias expuesta a heladas, 2007-2009

País	Población expuesta (millones)
Bolivia	2.9
Colombia	1.8
Ecuador	2.5
Perú	5.7
Comunidad Andina	12.9

Esta cantidad de personas, que representan aproximadamente el 13% de la población total de los países andinos, padece el intenso frío que se inicia en el mes de mayo y se prolonga hasta octubre, periodo en el que se registran temperaturas mínimas cercanas a 20 grados centígrados debajo de cero, condiciones muy alejadas de la zona de confort definida por Givoni como se puede ver en la Figura 14 (23).

La formación de la Cordillera de los Andes ha determinado la actual configuración geográfica de Latinoamérica, generando tres regiones naturales:

La Costa, de relieve plano o ligeramente ondulado, en la parte occidental de América;

La Sierra región Andina, conformado por la Cordillera de los Andes, en la parte central; y La Selva o región amazónica, la más extensa, en la parte oriental.

El frío intenso en la región Andina con temperaturas mínimas que oscilan entre -20°C y -1°C, se produce desde la parte central del Perú y se extiende hacia el sur alcanzando partes del territorio de Bolivia, Argentina y Chile, como se muestra en la Figura 15.

Sin embargo el recurso natural de energía solar sobre la región andina de Perú y Bolivia, alcanza los valores aproximados de: 7 a 8 kWh/(m²día).

Figura 14. Carta psicométrica, altitud de 4 500 msnm

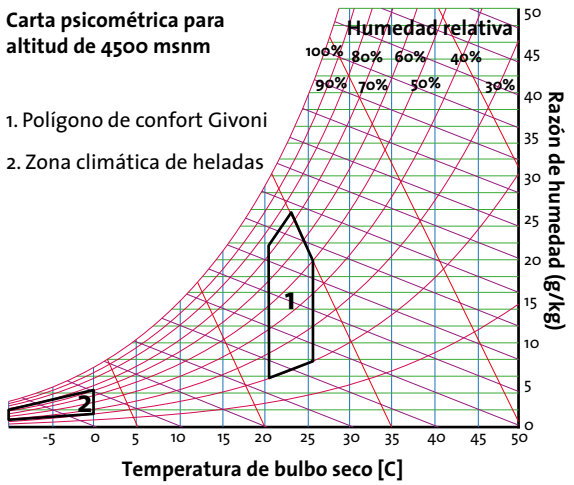
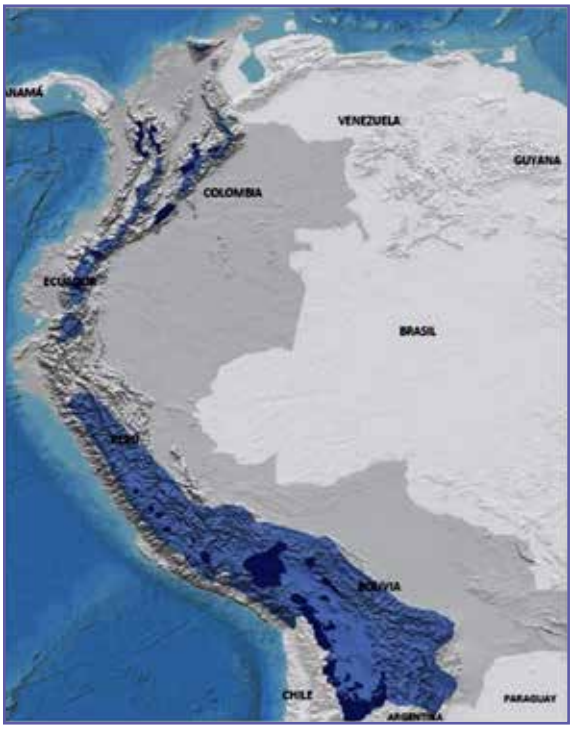


Figura 15. Mapa de heladas de América; se aprecia un amplia área de heladas localizada en el altiplano de Bolivia y Perú; mayor frecuencia en zona de la Meseta del Collao (22).



La Figura 16 muestra el mapa de heladas del Perú (24) y la Figura 17 muestra el recurso solar disponible para el Perú (25). Cabe resaltar que las zonas geográficas sometidas a heladas son también las de mayor insolación.

De acuerdo con lo que informa el mapa de heladas de la Figura 16, las zonas geográficas del Perú que se encuentran dentro del rango altitudinal de 3 000 a 5 000 msnm tienen en el año entre 120 y 270 días de heladas, lo que afecta a 5.5 a 6 millones de personas.

Las Figuras 18 y 19 muestran para Bolivia una situación similar de presencia de heladas (29) en zonas geográficas sobre las cuales la insolación solar (30) es también considerable, y de acuerdo con lo que informa el mapa de heladas, las zonas geográficas de Bolivia que se encuentran dentro del rango altitudinal de 3 000 a 5 000 msnm tienen en el año entre 120 y 260 días de heladas, que afectan aproximadamente a 3.5 millones de personas.

Figura 16. El mapa de días de heladas (Tmin <= 0°C) en el Perú; media del periodo 1964 – 2009 (24)

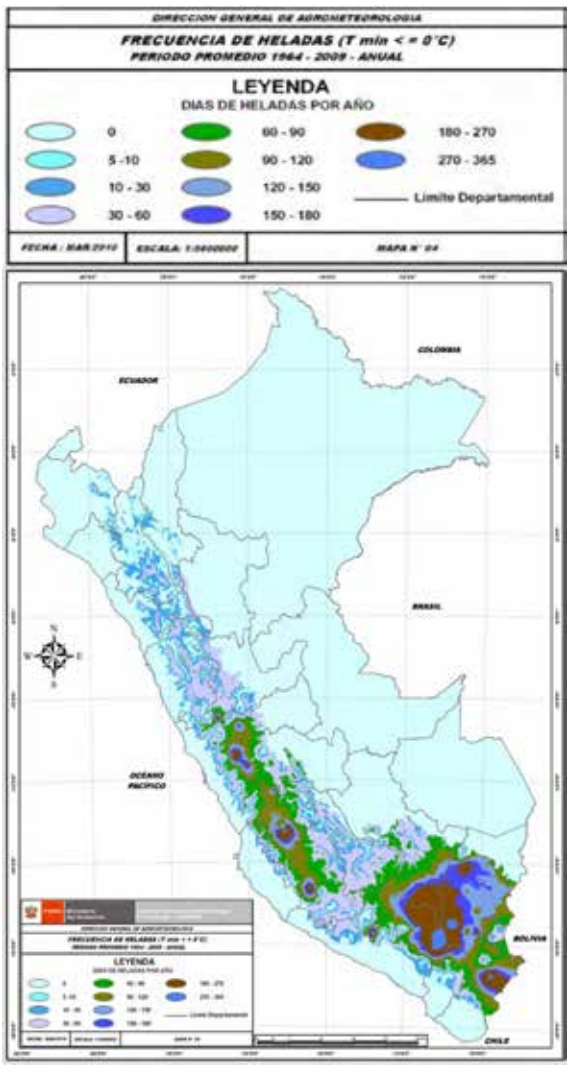
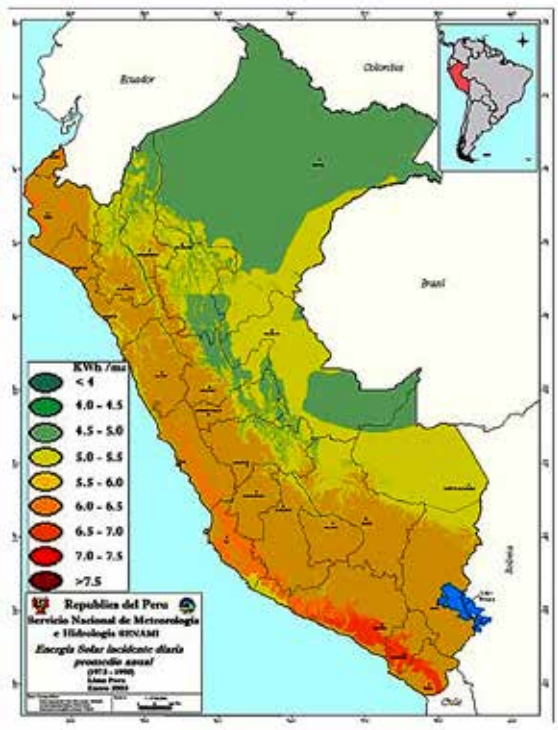


Figura 17. El mapa de insolación solar media anual en el Perú, (25).



Por otro lado, la precariedad de las viviendas de las regiones rurales referidas y el grado de pobreza de sus habitantes incrementa su vulnerabilidad al frío hasta el límite extremo del fallecimiento de niños y ancianos; como también de sus animales que, en muchos casos, son la única fuente de recursos para su supervivencia, como es el caso de las alpacas que proveen de carne, lana, estiércol y apoyo para el transporte de carga.

Tanto para Bolivia cuanto para el Perú, sus respectivos mapas de radiación solar muestran que las zonas geográficas con heladas reciben, en promedio 5.5 a 6.5 kWh/(m²día) de energía solar, índices relativamente altos, si consideramos que las regiones del mundo con mayor incidencia solar reciben hasta 9 kWh/(m2día) de radiación solar.

Pero lo más importante de esa situación natural de Bolivia y Perú, es que esa cantidad de energía solar que llega diariamente sobre cada metro cuadrado de sus respectivas superficies es más que suficiente para elevar la temperatura de los ambientes interiores de las viviendas ubicadas en dichas zonas geográficas hasta límites que generarían sensaciones de bienestar térmico en sus moradores, muy particu-

Figura 18. El mapa de días de heladas (TMIN <= 0°C) en Bolivia, promedio anual, (26).

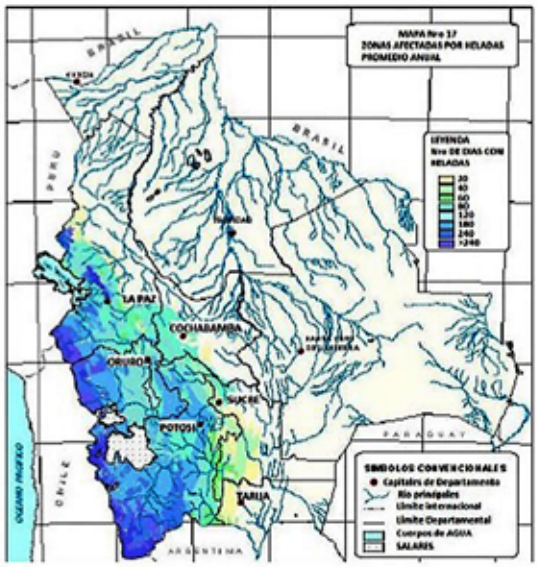
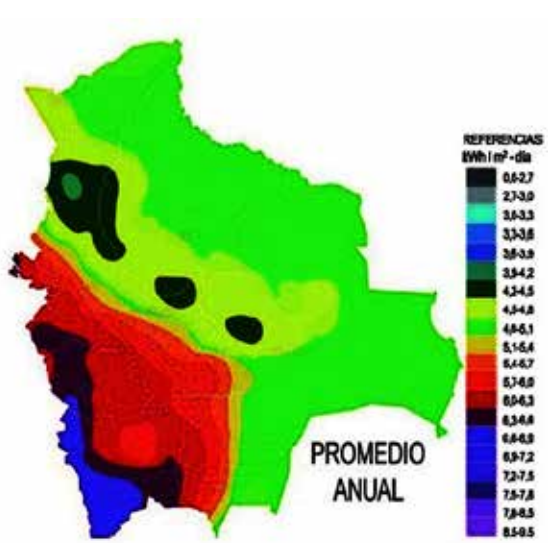


Figura 19. El mapa de insolación solar en Bolivia, promedio anual, (27).



larmente de aquellas viviendas que se encuentran dentro de los sectores rurales de dichos países, es decir, viviendas de las comunidades andinas dispersas y alejadas de poblaciones que cuentan con mejores medios para enfrentar los intensos fríos invernales.

En adición a este gran soleamiento natural favorable, estas regiones cuentan con materiales naturales que se usan desde tiempos muy antiguos con los cuales los habitantes de aquellas épocas se protegían del frío intenso, trabajándolos desde su condición natural hasta convertirlos en elementos de uso cotidiano en sus viviendas y vestidos. La mezcla de tierra y arcilla con agregados de paja y agua se convierte en adobe, bloques macizos con forma de un paralelepípedo de dimensiones próximas a 0.1x0.2x0.4 m^3 con los que edificaban y edifican los muros de sus viviendas; para formar el techo utilizan el pasto andino o ichu y las tejas. Para su protección personal confeccionaban sus prendas de vestir con la lana de sus ganados, ovino y auquénido, complementado con una dieta alimentaria basada en papa, oca, maíz, quiwicha, quinua, carne y queso, principalmente. Buenas prácticas o buenas costumbres que, infortunadamente, están bien venidas a menos en nuestros tiempos por efecto de una cierta transculturización andino-costeña impulsada por un mal entendido progreso que generó cambios como, por ejemplo, uso de planchas metálicas (calamina) en los techos en reemplazo de ichu y tejas, vestidos de materiales sintéticos en lugar de los de lana animal y, lo más crítico, la invasión de alimentos pre-elaborados como hojuelas de papa, chizitos, galletas en general, caramelos, etc.

Propuesta de solución

Un enfoque bioclimático a esta realidad parte por reconocer que se dispone del sol como abundante fuente energética limpia y gratuita y, de otro lado, se cuenta con materiales autóctonos para desarrollar tecnologías, con bajo requerimiento de materiales foráneos, que permitan capturar el calor del sol, introducirlo en la vivienda y evitar en todo momento que retorne al ambiente exterior, es decir metafóricamente dejar que el sol ingrese a la vivienda durante el día y no dejar que salga durante la noche.

Con esto, se estaría hablando de estrategias y técnicas bioclimáticas, de indicadores bioclimáticos y de confort térmico.

El confort térmico debe entenderse como una situación resultante de la confluencia de varios factores sobre las personas que se encuentran en un ambiente determinado. Cada uno de estos factores tiene sus características propias, algunos de ellos son función de las condiciones del ambiente que rodea a la

persona y varios otros dependen de la propia persona, su condición física, de salud, de vestimenta y mental. Esta heterogeneidad de condiciones, medibles y no medibles, determinan la sensación personal de bienestar o estar bien en un ambiente, sentirse bien y sin molestias en el desempeño de las actividades que le competa realizar en ese ambiente (23).

Un indicador bioclimático es el medio técnico a través del cual se puede determinar el valor o rango de valores de la llamada temperatura neutra o temperatura de confort en el interior de una vivienda. La estrategia bioclimática deducible de un indicador bioclimático, es la ruta conceptual a seguir para alcanzar o acercarse a la temperatura de confort. Mientras que la técnica bioclimática o componente bioclimático es el medio físico elaborado o construido para materializar el concepto de la estrategia bioclimática.

Es pertinente remarcar que en la dinámica generada con el objetivo de alcanzar la temperatura de confort en un ambiente interior determinado, es de vital importancia la participación e involucramiento de las personas que habitarán en dicho ambiente, muy particularmente si, como es el caso, se tiene como grupos objetivo a ecosistemas rurales poblados por personas humanas que traen consigo valiosos conocimientos de sus ancestros, muchos de los cuales aportarían significativamente con este propósito.

La Tecnología

De un lado y en primer lugar hace falta tener en cuenta la posición relativa de la edificación objetivo con respecto a la posición del sol en todo momento del año, conociendo los efectos del movimiento aparente del sol alrededor de la tierra así como las características del propio movimiento, a efectos de tener dominio preciso de la trayectoria de los rayos solares en dirección de aquella parte de la edificación destinada a su captura. Del otro lado, y en momento posterior, definir la manera de materializar dicha captura solar, es decir, identificar la estrategia bioclimática y aplicar la técnica bioclimática. A continuación se listan algunas técnicas bioclimáticas de aplicación adecuada en edificaciones rurales andinas (28). (Figuras 20 y 21)

- Aislamiento térmico en pisos, techos y ventanas
- Eliminación de puentes térmicos
- Ventanas térmicas en techos (ganancia directa de la radiación solar durante el día)
- Muros de adobe con alta masa térmica y dispositivos radiantes (almacenamiento de calor para la noche)
- Invernaderos adosados a muros de zonas térmicas críticas

Figura 20. Técnicas bioclimáticas aplicadas en techos: (a) Techo aislado térmicamente, (b) y (c) Ventanas en techos, vista interna y externa respectivamente. Fotos: CER-UNI

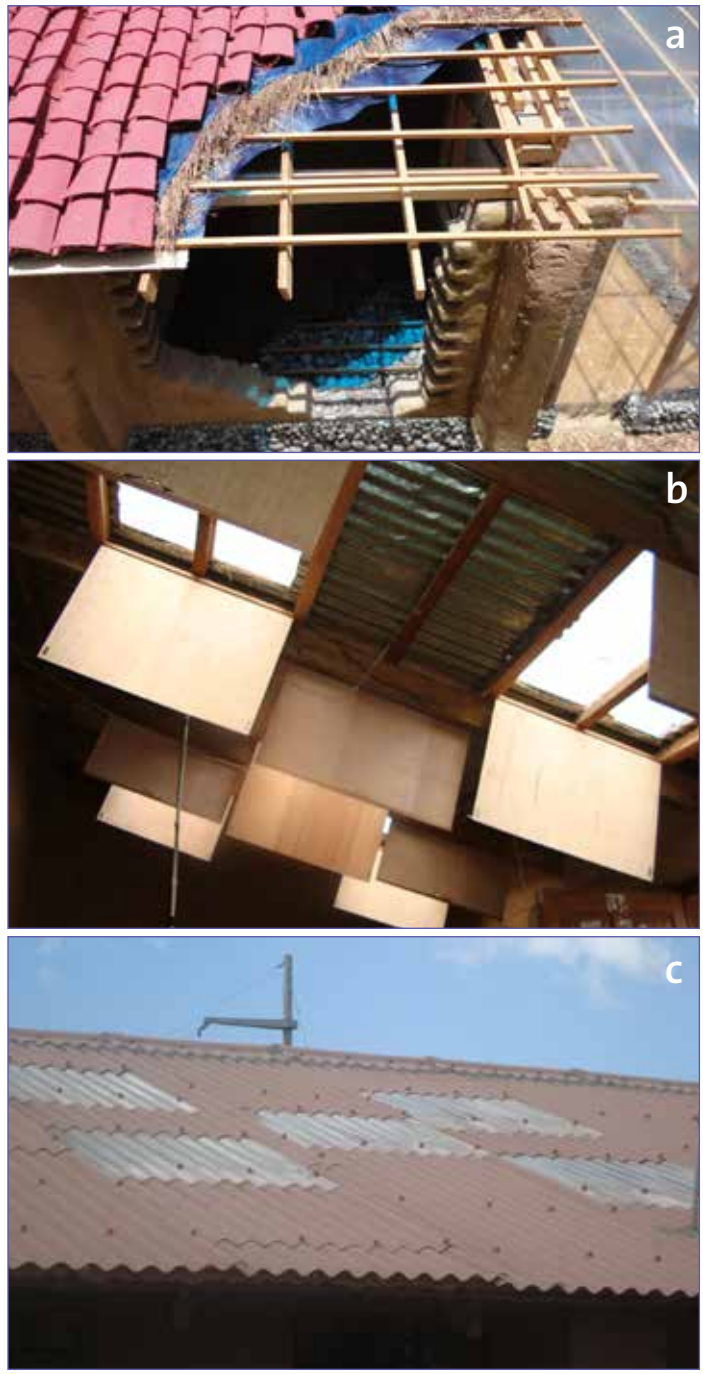
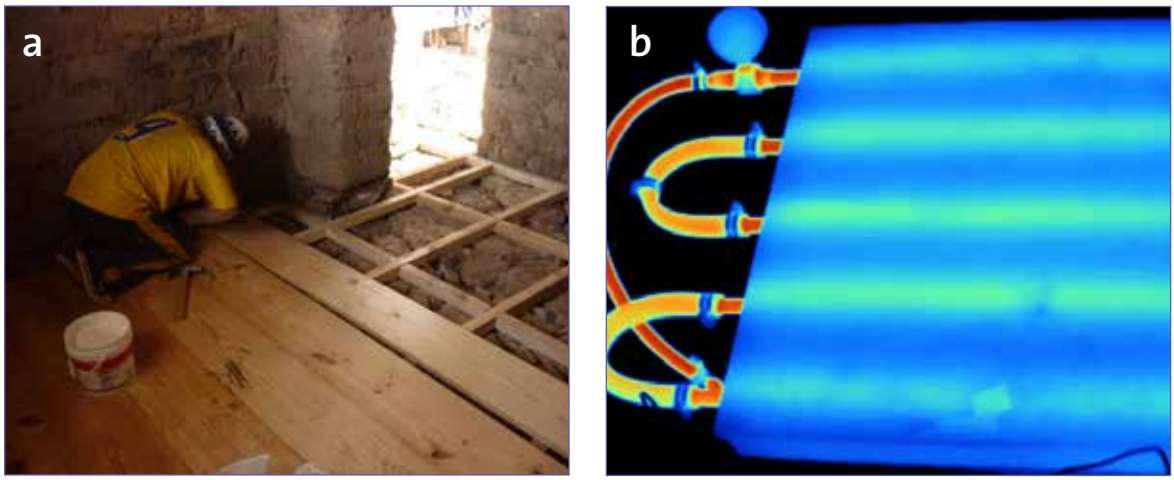


Figura 21. Técnicas bioclimáticas aplicadas en pisos y paredes: (a) Piso aislado higrotérmicamente y (b) Imagen infrarroja de pared radiante. Fotos: CER-UNI



Experiencias

Argentina tiene amplia experiencia en estudios analíticos y experimentales sobre edificaciones que guardan relación con el confort térmico andino (29-34).

Entre los años 2004 y 2008 se desarrolló la Red Iberoamericana de Uso de las Energías Renovables en Edificios de Interés Social, con el auspicio del Programa CYTED y en cuya vigencia se produjeron tres publicaciones (35-37) en calidad de memorias de reuniones periódicas de exposición de trabajos de investigación y desarrollo de profesionales de los países iberoamericanos que conformaron dicha Red, cuyos contenidos tienen relevancia pertinente al tema tratado en esta publicación.

Caso Perú

En el Perú se han dado los primeros pasos construyendo y evaluando 10 a 15 prototipos de viviendas rurales altoandinas en las regiones de Ayacucho, Huancavelica, Cusco y Puno en altitudes superiores a 3 500 msnm.

El Perú ha avanzado notablemente en el campo del confort térmico andino (38) generando tecnología adecuada para el mejoramiento térmico de ambientes interiores de las viviendas de comunidades aisladas con alto grado de exclusión social, tecnología que ha sido considerada por el ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento a través de su Dirección Nacional de Construcción, e incorporada en planes nacionales de mejoramiento de viviendas rurales remotas y dispersas. También destaca la intervención de IICA en la adaptación de 31 viviendas ya existentes en la Cuenca del Rio Cunas en Junín, en las cuales se adosaron invernaderos a los muros.

Así mismo, en el año 2013 fue aprobada la *Norma Técnica de Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética,* que fue incorporada al Reglamento Nacional de Edificaciones.

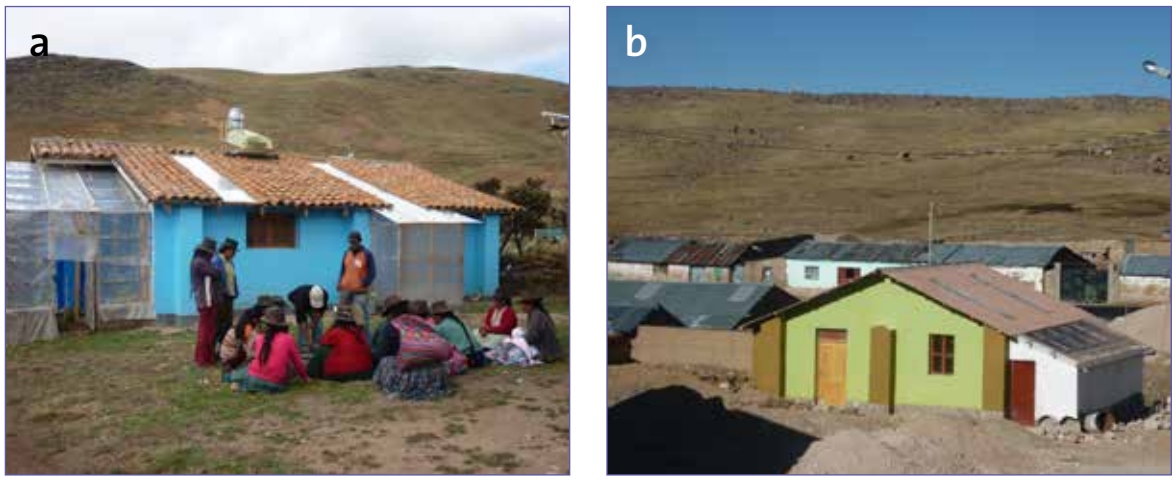
Por otro lado, el respaldo académico necesario ha sido fortalecido desde el año 2012 con la creación de una *Maestría en Energías Renovables y Eficiencia Energética* en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería, de Lima, una de cuyas líneas de investigación es el Confort Térmico Andino.

La información gráfica que se incluye a continuación revela algunos de los resultados y avances del desarrollo peruano que se viene comentando.

Conclusiones

En la región LAC, la población desatendida energéticamente es menor del 10% de la población, sin embargo aún representan 22 millones de personas. Para las cuales es prioritario atender aspectos básicos de cocción, iluminación y, en la región altoandina, la calefacción de sus viviendas.

Figura 22. (a) Albergue rural en San Francisco de Raymina, Ayacucho y (b) vivienda rural modelo en Santa Rosa, Huancavelica. Fotos: CER-UNI



Actualmente se cuenta con una gama de tecnologías que permiten satisfacer esas necesidades energéticas con costos inferiores a los costos asumidos por la población afectada en forma de recolectar leña para cocción, compra de velas para iluminación y pérdidas de vidas humanas ocacionadas por las bajas temperaturas en las zonas altoandinas. Sin embargo para implementar en forma masiva y sostenible estas tecnologías, se requiere:

- Difundir el conocimiento de estas tecnologías mediante programas de educación y sensibilización que permitan a los futuros usuarios conocer sus ventajas y participar en su posterior apropiación.
- Establecer una red técnico-comercial que suministre repuestos y servicios para introducir y mantener estas tecnologías.
- Promover la implementación de instituciones que normen y certifiquen las tecnologías.
- Desarrollar sistemas de microfinanciación, considerando que la implementación de estas tecnologías representa un costo inicial que no puede ser asumido por el usuario.

Mónica Marcela Gómez León

Nacida en 1970 en la ciudad de Lima-Perú. Doctor en Ciencias con mención en Física con el sistema cooperativo entre la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima-Perú y la Universidad de Uppsala-Suecia (2001), MSc en Ciencia de los Materiales en la UNI (1997), Licenciada en Química - UNI (1995). Ganadora del Premio L'Oreal-CONCyTEC-UNESCO, "Por la mujer en la Ciencia" (2011), y co-ganadora del Premio Nacional Graña y Montero a la Investigación Peruana, 5a Edición (2014). Especialista en síntesis, desarrollo y aplicaciones de materiales polifuncionales nanoestructurados para aplicaciones ambientales y energéticas.

Rafael Leonardo Espinoza Paredes

Nacido el 06-XI-1949 en la ciudad de Arequipa-Perú en donde cursó sus estudios básicos; luego siguió la carrera profesional de ingeniería mecánica en la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima-Perú entre los años 1968 y 1973 obteniendo el título de Ingeniero Mecánico y Electricista el año de 1979. Posteriormente se ha graduado como Maestro en Ciencias en la misma universidad en el año de 2014, defendiendo una tesis de investigación en el campo del confort térmico de edificaciones rurales del ámbito andino del Perú. Actualmente dirige el Centro de Energías Renovables y Uso racional de la Energía, CER-UNI y se desempeña como profesor principal de las Facultades de Ingeniería Mecánica, en el área de energía, y Facultad de Ciencias en la maestría de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la universidad en donde estudió.

Manfred Horn

Profesor de Física en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima, Perú. Físico (diploma en Física por la Universidad de Múnich en 1964, y doctorado por la UBC de Vancouver en 1971). Actividades: investigación en física del estado sólido y de los materiales para la conversión de energía solar. Proyectos piloto y consultas en materia de energía renovable, planeación energética, eficiencia energética y medio ambiente. Desarrollo y transferencia de tecnologías de energía renovable, particularmente de secado solar de productos agrícolas y energía fotovoltáica para la electrificación rural. Control de calidad de equipos de energía solar e iluminación. Ex decano de la Facultad de Ciencias y ex presidente de la Sociedad Peruana de Física y de la Asociación Peruana de Energía Solar. Distinciones: doctor honorario de la Universidad Nacional de Tacna, Perú y profesor honorario de la Universidad Nacional de Cuzco, Perú. Miembro de la Academia Nacional de Ciencias de Perú (miembro de la junta), Punto Focal del Programa de Energía de IANAS. **mhorn@uni.edu.pe**

Referencias

1. Chu, S. and J. Goldemberg (2007). Lighting the way: Toward a sustainable energy future, Inter-Academy Council.
2. Sustainable Energy for All (SE4All) (2014) Annual Report.
3. Kreft, S., Eckstein, D., Junghans, L., Kerestan, C., and Hagen, U. (2015) Global Climate Risk Index 2015: Who suffer most from extreme weather events? Weather-related loss events in 2013 and 1994 to 2013, Germanwatch.
4. World Bank, World Development Indicators, available from data worldbank.org/indicator. [December, 2015]
5. Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL), Población en situación de indigencia y pobreza según área geográfica, available from estadisticas.cepal.org/cepalstat/. [December, 2015]
6. GVEP International, Annual Review 2015, Accelerating Access to Energy.
7. Ministerio de Energía y Minas, Balance Energético Nacional, available from www.miem.gub.uy/web/energia/-/balance-energetico-nacional-2014. [August, 2014]
8. Global Alliance for Clean Cookstoves, Five Years of Impact 2010-2015, avaliable from www.cleancookstove.org. [June, 2014]
9. World Health Organization, Indoor Air Pollution, available from www.who.int/indoorair/en/. [July, 2014]
10. World Health Organization: Data and Statistics, available from www.who.int/research/en/.[December, 2015]
11. Energising Development (EnDev), available

from energypedia.info/wiki/Energising_Development_(EnDev). [December, 2015]
12. Global Alliance for Clean Cookstoves-Ministry for Foreign Affairs of Finland. Informe: I Seminario Taller Latinoamericano de Cocinas/ Estufas Limpias, "Promoviendo la adopción y uso sostenible en gran escala", Lima, 16-17 Junio 2014, available from cocinasmejoradasperu.org.pe/documentacion/Intervenciones/Informe_01_copia.pdf. [Diciembre, 2015]
13. Cooperación Alemana al Desarrollo – Agencia de la GIZ en el Perú, Influencia del Estado de la rejilla y cámara de combustión en el desempeño de las cocinas mejoradas Inkawasi, available from www.cocinasmejoradasperu.org.pe/documentacion/VidaUtil/Ensayo_copia.pdf. [Diciembre, 2015]
14. Energética, Experiencias con Sistemas Fotovoltaicos de Tercera Generación en Argentina, Bolivia y Perú, en www.energética.org.bo (2015)
15. Reiche, K. et al. What difference can a PicoPV System make?, GTZ (2010)
16. IEA International Energy Agency 2013, Pico Solar PV Systems for Remote Homes, Report IEA-PVPS T9-12: (2012)
17. Keane, J., Pico – Solar Electric Systems, First edition, Routledge, New York (2014)
18. Lighting Africa, available from www.lightingafrica.org. [7 July, 2014]
19. Lighting Global, available from www.lightingglobal.org. [7 July, 2104].
20. IEC, International Electrotechnical Commission, IEC, Technical Specification 62257-9-5, Recommendations for small renewable energy and hybrid systems for rural electrification - Part 9-5: Integrated system - Selection of stand-alone lighting kits for rural electrification, available from www.iec.ch. [7 July, 2014]
21. EnDEv /GIZ: Informe "Evaluación en campo de funcionamiento, aceptación e impactos de sistemas pico fotovoltaicos en la región San Martín", publicado (en español) en www.energypedia.info (2014)
22. CAN 2009, Atlas de las Dinámicas del Territorio Andino: Población y Bienes Expuestos a Amenazas Naturales; Secretaría General, Comunidad Andina – Cali: Corporación OSSO, 2009.
23. Givoni, B., Man, A., Climate and Architecture, Sydney (1969).
24. SENAMHI, Atlas de heladas del Perú, Convenio de Cooperación Técnica Internacional SENAMHI-FAO, LIMA – PERÚ (2010).
25. SENAMHI, Atlas Solar Perú [2003].
26. SENAMHI Atlas Solar Bolivia, [2008].
27. Lucano, M. y Fuentes, I. Evaluación del Potencial de Radiación Solar Global en el Departamento de Cochabamba Utilizando Modelos de Sistemas de Información Geográfica e Imágenes Satelitales, La Paz (2010).
28. CER-UNI, Archivo Técnico, Universidad Nacional de Ingeniería de Lima- Perú. (2000-2013)
29. Flores, L., Flores Larsen, S., Filippín, C., Comportamiento Térmico de Invierno y Verano de Viviendas de Interes Social en la Provincia de Salta; Argentina (2007).
30. Gatani, M., et al., Definición de Indicadores de Análisis de Diseño Sustentable. El Caso de una Vivienda Serrana en Córdoba; Argentina (2008)
31. G. E. Gonzalo, et al., Diseño Bioclimático de Viviendas de Interés Social en San Pedro de Colalao, Argentina (2008).
32. Gallipoliti; N. Sogari; M. Gea; A. Busso, Evaluacion del Desempeño Higrotermico – Energetico de una Vivienda Social en loa Ciudad de Corrientes, Argentina (2012).
33. Garzón, B., Mendonca, C., Monitoreo y Simulación Térmica de dos Viviendas Sociales Unifamilliares Bajo Condiciones Reales de Uso en la Localidad de Colalao del Valle, Argentina (2007).
34. Cangemi, M. C., Ledesma, S.L., Nota, V.M. Diseño de Viviendas de Interés Social. su Adecuación a las Condiciones Climáticas de Tucumán; Argentina (2013).
35. INETI-PORTUGAL, Los Edificios Bioclimáticos en los Países de Ibero América, Portugal (2005).
36. INETI-PORTUGAL, Los Edificios en el Futuro, Estrategias Bioclimáticas y sustentabilidad, Programa CYTED; Editores Helder Gonçalves y Susana Camelo 2007.
37. INETI-PORTUGAL, Los Edifícios Bioclimáticos a Integração das Energias Ronováveis e os Sistemas Energéticos, Portugal (2008).
38. Espinza, R., Evaluación Experimental de la Performance de dos Componentes Bioclimáticas de Calentamiento Aplicadas en un Módulo de Vivienda de San Francisco de Raymina-Ayacucho con el Propósito de Validarlas como Técnicas De Estrategias Bioclimáticas para Viviendas Rurales Alto Andinas, Lima-Perú (2014).

Box

El uso de leña en Latinoamérica y sus efectos en la salud

Gustavo Sequiera y Mario Jiménez | Nicaragua

Introducción

La biomasa, incluida la leña, el carbón y el residuo de cultivos es un concepto amplio que se refiere al uso de todos los tipos de materia orgánica para producir energía para uso personal o industrial.

Usar carbón o leña para cocinar no es malo en sí mismo. Después de todo, ambos son recursos renovables y son combustibles completamente naturales. Sin embargo, su problema principal estriba en la manera en que se usan en los hogares pobres, debido a que su uso incorrecto perjudica la salud de los usuarios y a la vez la falta de renovación de los bosques tiene un impacto duradero en el ambiente. (Pobreza energética: La biomasa como combustible, 2014)

Factores socioeconómicos en Latinoamérica

En 2012, los niveles de pobreza en Latinoamérica alcanzaron el 28.2%, mientras que el porcentaje de las personas que vivían en pobreza extrema alcanzó el 11.3%. (CEPAL, Panaroma Social de América Latina, 2013).

El gobierno mexicano estimó que, en 2013, el 33% de la población del país vivía en condiciones de pobreza moderada, mientras que otro 9% vivía en condiciones de pobreza extrema. (1.4 millones de mexicanos dejan la pobreza extrema entre 2010 y 2012, 2013).

Dentro del istmo centroamericano, los países más pobres son Honduras y Nicaragua, donde más de la mitad de la población (55%) vive por debajo del umbral de la pobreza y casi un tercio vive en condiciones de pobreza extrema (32%). (What Have We Learned about Household Biomass Cooking in Central America?, 2013)

En el cono sur, los cuatro países con el mayor índice de pobreza conforme al informe de CEPAL de 2013 fueron: Bolivia, con 42.2%, Colombia, con 34.2%, Ecuador, con 35.3% y Paraguay, con 49.6%. (CEPAL, Panorama social de América Latina, 2013)

Uso de leña como fuente de energía en los hogares latinoamericanos

La muestra del censo de las condiciones de vida y el uso de leña del XII Censo general de población mexicano del año 2000 reveló que más de la mitad de los hogares rurales y sus ocupantes (59%) usan leña como combustible para cocinar (XII censo de población y vivienda, 2000).

En Centroamérica, 20 millones de personas cocinan con biomasa en fogatas abiertas o estufas rudimentarias. Aproximadamente 86% o 17 millones de las personas que consumen leña en zonas urbanas y rurales dentro de la región se concentran en tres países: Guatemala, Honduras y Nicaragua. Mientras tanto, en Costa Rica, Panamá y El Salvador, los usuarios de leña son en su mayoría habitantes rurales. (What Have We Learned about Household Biomass Cooking in Central America?, 2013).

La Encuesta continua de hogares (ECH) de 2011 llevada a cargo por el Instituto nacional nicaragüense de información y desarrollo reportó que el 42.7% de los hogares rurales y el 15.6% de los hogares urbanos usan exclusivamente leña para preparar los alimentos. (Encuesta Continua de Hogares , 2011)

1. Gustavo Sequeira Peña, Doctor en Medicina y Cirugía (Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-León, Doctor en Ciencias Médicas, mención Inmunología (Universidad Friedrich-Schiller, Alemania), Especialista en Inmunología (Cámara Médica de Turingia, Alemania) Sub Especialista en Alergología (Cámara Médica de Turingia, Alemania). Realizó investigaciones en agua y salud in el Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua y autor del reciente publicación de IANAS en 2015, Desafíos del Agua Urbana en las Américas.
Email: gustavoseq@gmail.com

Mario Jiménez García, Licenciado en Ciencias de la educación con Especialidad en Biología, Doctor en Medicina y Cirugía, Maestro en Epidemiología (Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua), Profesor Titular con Maestría, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Realizó investigaciones en agua y salud in el Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua y autor del reciente publicación de IANAS en 2015, Desafíos del Agua Urbana en las Américas.
Email: mjimenezgarcia72@yahoo.com

El informe de Xiaoping Wang, publicado por el Banco Mundial, reportó que en Honduras, el 37% del sector de población urbana y el 96% de la población rural usan leña como combustible en sus hogares.

En 1998, el 36.22% de los hogares en Bolivia usaban leña; para 2011 este porcentaje se había reducido a 17.05%. El descenso en el uso de leña se vio contrarrestado por un incremento del 20% en el uso de gas licuado durante el mismo periodo. (Encuesta de Mejoramiento de Condiciones de Vida (MECOVI 2000-2002), Encuesta Continua de hogares 2003-2004, Encuesta de Hogares. 2005-2011, 2011).

En contraste con la situación en Centroamérica, la Encuesta Permanente de Hogares en Argentina (EPH/INDEC) reportó que el 72.11% de los hogares cocinan con gas entubado, mientras que únicamente el 0.13% usan queroseno, leña o carbón para preparar sus alimentos. (Encuesta Permanente de Hogares - EPH, 2013).

El uso de leña para cocinar en el interior de los hogares es una práctica común en las zonas rurales de las Américas.

Uso de leña en interiores y sus efectos sobre la salud

El humo de leña es una mezcla compleja de sustancias volátiles y material particulado que incluye elementos orgánicos e inorgánicos. Se ha identificado a más de 200 compuestos químicos en la combustión de la madera; los principales son el monóxido de carbono, el dióxido de nitrógeno y el material particulado, todos ellos tóxicos para el sistema respiratorio. Hay una cantidad creciente de evidencia que indica que la exposición al humo de leña en interiores causa enfermedades respiratorias, especialmente en mujeres y niños, quienes son los grupos más vulnerables. En particular, tres enfermedades respiratorias se han asociado fuertemente con la exposición a largo plazo al humo de leña: infecciones agudas del conducto respiratorio bajo en niños menores de cinco años, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y cáncer de pulmón. (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica - EPOC, 2013)

La EPOC, que a nivel mundial generalmente es provocada por el consumo de tabaco y la contaminación del aire, ahora se considera la cuarta causa más común de muerte alrededor del mundo y se espera que se convierta en la tercera para 2020. (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica - EPOC, 2013)

El Proyecto Latinoamericano de Investigación en Obstrucción Pulmonar (Latin American Pulmonary Obstruction Research Project - PLATINO) encontró que los porcentajes de EPOC para Chile, Uruguay, Venezuela y Brasil eran mayores al 12% (Venezuela con 12.1%, Brasil con 15.8%, Uruguay con 19.7%, Chile con 15.9%), en contraste con el promedio europeo de menos del 10%. (Recomendaciones para el Diagnóstico y Tratamiento de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), 2011)

A pesar de haber reportado una prevalencia de la enfermedad del 7.8%, el 88% de los pacientes de EPOC en México con exposición al humo de leña eran mujeres. (1.4 millones de mexicanos dejan la pobreza extrema entre 2010 y 2012, 2013).

Soluciones alternativas

El uso apropiado y controlado del combustible de biomasa, por ejemplo la producción de bolitas de residuos de cultivos que proveen energía generada por la industria agroalimentaria, es una alternativa que puede brindar energía suficiente para satisfacer las necesidades domésticas como la preparación de alimentos o la industria pequeña. Sin embargo, su uso debe combinarse con aparatos de cocción eficientes (aquellos que no permiten que se acumule humo en interiores).

Bibliografía

1.4 millones de mexicanos dejan la pobreza extrema entre 2010 y 2012. (29 de julio de 2013). Animal Político. Consultado el 31 de julio de 2014, de http://www.animalpolitico.com/2013/07/hay-53-3-millones-de-pobres-en-mexico/

Capítulo 3

Energía renovable

Las inmensas oportunidades de energía renovable en sus múltiples formas

Claudio A. Estrada Gasca | México
Jorge M. Islas Samperio | México
Wilfredo César Flores Castro | Honduras

Resumen

En la última década, el desarrollo de las energías renovables (ER) ha superado todos los pronósticos. Tanto la capacidad instalada, como la producción mundial de todas las tecnologías de ER aumentaron considerablemente y de manera constante. Aunque este crecimiento de la cuota de consumo total de ER ha sido moderado, sobre todo en las economías en vías de desarrollo y en las emergentes, los mercados de ER y los desarrollos tecnológicos asociados a estas tecnologías se han incrementado notablemente, incluso en comparación con otras tecnologías de rápido desarrollo como la telefonía móvil.[1]

Hoy día, el uso de tecnologías de ER para proporcionar electricidad, calefacción y/o refrigeración, y combustibles para el transporte se extiende por todo el mundo y la tendencia es que aumente en forma sostenida en las próximas décadas. Hace una década, las tecnologías de energía renovable ocupaban predominantemente un nicho ambiental. Hoy las ER han demostrado que, además de sus beneficios ambientales, también son un motor económico, de creación de empleos, que ayudan a diversificar las fuentes de ingresos y estimulan nuevos desarrollos tecnológicos.

En este capítulo, en una primera sección, se presenta el despliegue de las diferentes tecnologías de uso comercial que utilizan las fuentes renovables de energía. En una segunda sección, se identifican algunas alternativas y rutas de acción en cuanto a las ER en las Américas. Finalmente, en una tercera sección, se proponen algunas políticas públicas asociadas a la construcción de las soluciones identificadas. Como cada país de América tiene sus peculiaridades, solo se proponen las políticas generales y se dan ejemplos de lo que algunos países están haciendo para apoyar el desarrollo de las ER.

1. REN21 The first decade: 2004–2014.

1. Tecnologías para el aprovechamiento de las energías renovables

Las tecnologías para el aprovechamiento de las energías renovables (ER) han tenido en la última década un desarrollo muy importante. Ya para 2010, la generación eléctrica alternativa (EA) significó poco más de 32% del total mundial, de los cuales las ER representaron 19.4%, en tanto la energía nuclear (EN) llegó a 12.8%. Es importante mencionar que los sistemas fotovoltaicos (FV), los eólicos, el biogás, los biocombustibles líquidos y la solar térmica registraron los crecimientos anuales más dinámicos de las EA con porcentajes de 44, 25, 15, 11 y 10%, respectivamente.[2] De manera consistente con lo anterior, la Eficiencia Energética (EE) y el uso de las tecnologías de captura y almacenamiento de carbono (CCS, por sus siglas en inglés) se consideran de gran importancia, por un lado, para prolongar el uso de los recursos fósiles existentes usándolos racionalmente y, por otro, para tratar de desplegar un uso limpio de los recursos fósiles en términos de emisiones de CO_2. Esta tendencia se mantiene hoy día

De todas las EA, las ER son las que más se han expandido en los mercados internacionales en los últimos años. En 2011, alrededor de 50 países contaban con tecnología eólica instalada y la energía solar fotovoltaica crecía rápidamente en el mundo; a su vez, el interés en la geotermia se ha incrementado también por las expectativas sobre la existencia de importantes recursos en el mundo. Agregándose a estas fuentes, la producción de biocombustibles líquidos que en Brasil, Estados Unidos de América (EUA) y Europa ha crecido notablemente, así como los calentadores solares de agua, que son usados en más de 200 millones de hogares. Cabe recalcar que la mayoría de las tecnologías de ER han experimentado un crecimiento continuo, tanto en fabricación de equipos como en ventas e instalación. Mucho de lo expuesto se debe a que los precios disminuyeron gracias a las ventas y los avances de la tecnología, especialmente en el campo del aprovechamiento de la energía solar.

La inversión mundial en ER tuvo un aumento de 17% de 2010 a 2011, lo cual significó una inversión de 257 mil millones de dólares, sin incluir la estimada en colectores solares de agua, que se calculó para ese año en 10 mil millones de dólares.[3]

Conviene hacer notar que en el mundo, recientemente (2012), ha disminuido el apoyo político y financiero a estas tecnologías, debido a las crisis y tensiones internacionales, lo cual ha provocado también un decremento en los apoyos al desarrollo de nuevos proyectos.[4]

En lo que concierne a la EE, la Agencia Internacional de Energía (2012) estima que las mejoras en la producción de energía pueden contribuir a la reducción de 31% de las emisiones de CO_2 potencialmente alcanzables para 2050 en el sistema energético mundial. Esta reducción se lograría en gran parte controlando y disminuyendo el uso actual de tecnologías obsoletas y prácticas ineficientes que prevalecen en el mundo, así como la falta de estándares y normas de consumo energético en equipos industriales –y electrodomésticos en el sector residencial–, entre otros, además del bajo reemplazo de los vehículos en el transporte.

En cuanto a la EN, a inicios de 2012 se encontraban en construcción 66 plantas nucleares en 14 países, las cuales se calcula que representarán 63,849 MW. Sin embargo, en marzo de 2011 se presentó el accidente nuclear más importante desde Chernóbil en 1986: la fuga radiactiva en la central de Fukushima Daiichi, en Japón, suceso que se ha convertido en un serio obstáculo para el desarrollo de la energía nuclear en el mundo.[5]

Finalmente, debe señalarse el tema de la tecnología de captura y almacenamiento de carbono, con la cual se pretende desplegar una nueva generación limpia de centrales termoeléctricas en cuanto a sus emisiones de CO_2. En el mundo existen 8 proyectos grandes de CCS que están almacenando aproximadamente 23 millones de toneladas de CO_2.No obstante, esta tecnología está aún desarrollándose y siendo validada en el plano comercial, pero tiene, entre otros importantes retos, los altos sobre-costos que produce su incorporación en las centrales termoeléctricas a base de recursos fósiles.[6]

2. REN21, 2012.

3. *Idem.*

4. *Idem.*

5. NEI, 2013.

6. Global CCS Institute, 2012.

En la siguiente sección se presenta el estado que guarda la ciencia y la tecnología en cada una de las fuentes de EA consideradas en estudio, así como en EE y en la tecnología de CCS.

A continuación se presentarán las principales tecnologías que aprovechan la energía solar.

Energía solar fotovoltaica

De las tecnologías solares, la fotovoltaica (FV) es en la actualidad la que tiene el mayor crecimiento a nivel mundial. Esta tecnología está basada en las celdas solares. Como se sabe, la forma más común de estas celdas se basa en el efecto fotovoltaico, en el cual la luz que incide sobre un dispositivo semiconductor de dos capas produce una diferencia del foto-voltaje o del potencial eléctrico entre las capas. Este voltaje es capaz de conducir una corriente a través de un circuito externo, de modo que se genere trabajo útil.

Tal como se mencionó anteriormente, la industria de los paneles fotovoltaicos está creciendo muy rápidamente; dentro de éstos, los sistemas fotovoltaicos integrados a la red eléctrica son los que mayor crecimiento han tenido. En los últimos años, en particular, los europeos son los que han instalado más sistemas fotovoltaicos en su región. Esto es debido fundamentalmente a las políticas energéticas vanguardistas de la Unión Europea, las cuales implican grandes inversiones en incentivos para este tipo de tecnología.

Esta popularización de la tecnología a base de fotoceldas cuenta con una larga trayectoria de desarrollo tecnológico e industrial, lo que ha permitido que actualmente ofrezcan duración, confiabilidad y seguridad en su operación.

En este contexto, en el 2011, el crecimiento del mercado mundial de las tecnologías FV fue notable: la capacidad operativa que se añadió fue de 30 GW, esto es un 74% más que en 2010, llegando a casi 70 GW. Por supuesto, la Unión Europea dominó el mercado mundial de FV, ya que significó casi tres cuartas partes del total mundial de energía de este tipo instalada.[7]

La tecnología FV que ha tenido en años recientes los mayores crecimientos es la FV de silicio (Si). Sin embargo, este súbito crecimiento, aunado a las aplicaciones que se tienen del Si en la electrónica, produjeron un desabasto del material, promoviendo el flujo de inversión hacia los FV de películas delgadas, dando una oportunidad para los fabricantes de tecnología de cobre-indio-galio-selenio (CIGS).[8]

Este crecimiento hizo de la tecnología FV una opción importante en la búsqueda de la sustitución de los HC y de la reducción de GEI, además de que este incremento ha logrado una significativa disminución en el costo de la inversión, que es quizás uno de los mayores obstáculos para la instalación de esta tecnología en los países en desarrollo.

Energía Solar Térmica de Baja Temperatura (ESBT)

La energía solar térmica se refiere a los sistemas tecnológicos solares que aprovechan la energía radiante del Sol para producir calor. En estos sistemas, la energía solar es captada por una superficie absorbente que transfiere el calor a un fluido térmico (agua, aire, aceite, u otros) para elevar su temperatura y así satisfacer los requerimientos de calor en distintas aplicaciones.

En función de la temperatura que puede alcanzar la superficie absorbente, los sistemas se clasifican como de baja, media y alta temperaturas. En este apartado, se consideran los de baja temperatura (ESBT).

Se les denomina ESBT porque la temperatura alcanzada por el fluido térmico está por debajo del punto de ebullición del agua. Estos captadores solares de baja temperatura se utilizan para el calentamiento de agua en viviendas, en albercas, en algunos procesos industriales y en el sector agropecuario; también se pueden usar para algunos procesos de desalación de agua, secado de alimentos, calentamiento de espacios y refrigeración (ver la Figura 1).

Esta tecnología solar de captadores de baja temperatura está muy desarrollada, cuenta con una industria ampliamente establecida a nivel mundial y está en rápido crecimiento. Por cierto, la aplicación más usada es la del calentamiento de agua para uso doméstico.

Debe señalarse que para finales de 2010, la capacidad de colectores solares térmicos en operación en todo el mundo era igual a 195.8 gigawatt-térmicos (GWt), correspondientes a 279.7 millones de metros

7. REN21, 2012.

8. Wadia, 2009.

Figura 1. Secador solar y refrigerador solar intermitente. Instituto de Energías Renovables. UNAM. México

cuadrados. En las postrimerías del 2011, esta cifra habría crecido en un 25%, a 245 GWt.[9] De esta cantidad, el 88,3 % correspondió a colectores solares de placa plana (FPC) y de tubos al vacío (ETC); el 11 % perteneció a colectores sin cubierta de vidrio, en tanto que sólo el 0,7 % provino de colectores solares para calentamiento del aire con y sin cubierta de vidrios. En la actualidad, China es el primer país en producción e instalaciones de sistemas ESBT.[10]

Energía Solar térmica de Media Temperatura

Tomando en cuenta la clasificación expuesta en el apartado anterior, se le denomina energía solar térmica de media temperatura (ESMT) a la que se obtiene con sistemas de tubos evacuados o de concentración de energía solar, los que permiten alcanzar temperaturas en el fluido térmico superiores a los 100°C pero menores a los 250°C.

De hecho, el desarrollo de la llamada "tecnología para el calentamiento solar para procesos industriales", es un área relativamente nueva, la cual permite la aplicación de la energía solar a los sectores comerciales e industriales. Esto es fundamental, ya que el sector industrial tiene uno de los consumos energéticos más elevados en el mundo. No obstante, el uso de la energía solar en este sector es limitado a nivel mundial, pero tiene un gran potencial de desarrollo.

Uno de los principales condicionantes de energía para los procesos comerciales o industriales es que éstos necesitan normalmente de temperaturas por debajo de los 250°C. Cabe resaltar que hay muchas aplicaciones para procesos en el sector industrial que requieren energía a temperaturas inferiores a los 80°C, los cuales pueden ser fácilmente alcanzables con la tecnología comercial de los captadores solares planos o de tubos evacuados, presentes ya en el mercado. En cuanto a aquellas aplicaciones que necesitan temperaturas superiores a los 80°C y hasta los 250°C, deben desarrollarse tanto los captadores solares de alta eficiencia como los concentradores solares, con sus diversos componentes para integrar sistemas. Entre esas aplicaciones se encuentran los sistemas para enfriamiento o refrigeración.

Actualmente, hay 90 plantas termo-solares para calor de proceso industrial que han sido reportadas en todo el mundo, las cuales alcanzan una capacidad instalada de cerca de los 25 megawatts-térmicos (MWt) (35,000 m^2). No obstante, su potencial es mucho mayor. Sólo en los países de la Unión Europea (EU25), se estima que el potencial es de 100 a 125 GWt.[11]

Energía Solar térmica de Alta Temperatura (ESAT)

Se denomina 'energía solar de alta temperatura y de alta concentración' (ESAT) a la que se obtiene en los sistemas solares si éstos alcanzan temperaturas mayores a 250°C. La ESAT tiene aplicaciones valiosas en procesos industriales y en la generación de energía eléctrica.

Las tecnologías de ESAT para generación eléctrica, también llamadas 'tecnologías de potencia solar concentrada' (CSP, por sus siglas en inglés), han te-

9. Weiss W. y F. Mauthner, 2012.

10. REN21, 2012.

11. IEA, 2007.

nido en años recientes un crecimiento muy importante. Las plantas de potencia de concentración solar (CSP) producen potencia eléctrica transformando la energía solar en energía térmica a alta temperatura. Esta energía térmica es transferida al bloque de potencia para generar electricidad.

Para lograr rendimientos óptimos, las plantas de potencia de concentración solar pueden ser dimensionadas para generar electricidad para poblados pequeños (10 kWe) o para aplicaciones conectadas a la red (hasta 100 MWe o más). Algunos de estos sistemas usan almacenamiento térmico para períodos de días nublados o para utilizarse por la noche. Otras plantas pueden combinarse con sistemas que operan con gas natural, con lo cual las plantas híbridas resultantes ofrecen potencia despachable de alto valor. Tales atributos, junto con el record mundial de eficiencia de conversión solar-eléctrica (30% de eficiencia), hacen que estas tecnologías sean una opción muy atractiva en zonas del planeta dentro del cinturón solar con una alta insolación.

Hoy en día, desde 2013, existen cuatro tecnologías que están siendo promovidas internacionalmente. Cada una de ellas puede variar en diseños o en configuración. La cantidad de potencia generada por una CSP depende de la cantidad de radiación solar directa que incide sobre ella. Estas tecnologías utilizan fundamentalmente radiación solar directa. En la Figura 3 se exhiben fotografías de las cuatro arquitecturas que existen: cilindro-parabólicos, Fresnel-lineal, disco-Stirling y de receptor central.

El ejemplo histórico más importante de las CSP es el complejo de potencia termo-solar ubicado en Kramer Junction, en California, con los llamados SEGS (Solar Energy GeneratingSystems). Este complejo está constituido por 9 plantas que utilizan concentradores del tipo cilindro-parabólicos, los que en su conjunto ocupan una superficie de 2,5 millones de metros cuadrados de concentradores solares. Los 9 SEGS de diferentes capacidades suman en total 354 MWe.

Dicho complejo termo-solar se construyó entre los años 1986 y 1991. La experiencia en la operación de los SEGS en California arroja 100 años equivalentes de operación comercial, demostrando tener las más altas eficiencias solares y produciendo la electricidad solar más barata, con una alta disponibilidad de planta. Estos sistemas fueron diseñados como plantas híbridas, con un 75% solar y un 25% de gas.

Figura 2 Módulo de concentrador solar parabólico para calor de proceso industrial. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México

En los últimos años, después de un largo periodo de aproximadamente 15 años de no edificar nuevas CSP, se están construyendo diferentes plantas en todo el mundo, a un ritmo acelerado. El incremento es sorprendente y se puede afirmar que hay más de 10,000 MWe en operación, construcción o desarrollo.

Como ejemplo de estas nuevas plantas, se presenta a la CSP Gemasolar, ubicada en San Lucar La Mayor, en Sevilla, España. Ésta es una planta de 19.9 MWe, con arquitectura de receptor central, siendo la primera planta comercial en el mundo que aplica la tecnología de receptor de torre central y almacenamiento térmico con sales fundidas. La producción eléctrica neta es de 110 Gigawatts-hora por año (GWh/año), generados a partir de un campo solar con 2,650 heliostatos en 185 hectáreas. El sistema de almacenamiento térmico de la planta consiste de un tanque de reserva de sales calientes, el cual permite una autonomía de generación eléctrica de hasta 15 horas sin aporte solar. Esto quiere decir que la planta opera las 24 horas. En la Figura 4, se proyecta la planta solar de la torre central Gemasolar, en operación (foto: Torresol Energy).

Otra de las tecnologías de ESAT que se encuentra en desarrollo es la relacionada con la producción de combustibles solares, en particular hidrógeno o productos industriales.

A pesar de que algunos de los grupos de investigación en el área de concentración tienen reconoci-

Figura 3. Plantas de potencia de concentración solar, con las cuatro arquitecturas existentes: a) Cilindro-parabólico, b) Fresnel-lineal, c) Plato-Stirling y d) Receptor Central. California, US

miento y colaboración internacional, y que están formando a investigadores jóvenes, todavía es reducida la comunidad de investigación en el área de la ESAT. Se considera que este problema, se debe fundamentalmente a la falta de una política pública que visualice esta área como estratégica y que apoye y amplíe los esfuerzos realizados hasta la fecha.

Es relevante enfatizar que una de las características que tiene la energía solar es su intermitencia. Este inconveniente, desde el punto de vista de fuente primaria de energía, se ha resuelto con las estrategias de hibridación de sistemas y/o de almacenamiento energético. Esto es, en la estrategia de hibridación, los sistemas solares se han acoplado a sistemas fósiles para garantizar el servicio energético cuando se necesite. En la estrategia de almacenamiento, se han desarrollado sistemas de almacenamiento de energía solar para satisfacer la demanda en las horas en que no se cuente con el recurso solar. Estas estrategias están siendo muy exitosas y han permitido el crecimiento notable de los mercados de varias de estas tecnologías solares.

Tecnologías para el aprovechamiento de la bioenergía

La bioenergía es la fuente de energía que se obtiene de la biomasa, que puede ser leña, carbón vegetal, residuos agrícolas, pecuarios y municipales (susceptibles de quemarse directamente o gasificarse para producir calor y electricidad; o en su defecto, estos residuos pueden transformarse vía procesos aeróbicos o anaeróbicos para la obtención de biogás).También en este apartado entran las plantaciones para la producción de biocombustibles, los cultivos energéticos terrestres y, últimamente, cultivos energéticos acuáticos (por ejemplo, algas).

La producción sostenible de biomasa brinda numerosos servicios ambientales, incluyendo el control de la erosión del suelo, la regulación del ciclo hidrológico y la protección del hábitat de fauna silvestre. Si las plantaciones energéticas se establecen en tierras degradadas, es posible rehabilitarlas mejorando la calidad y fertilidad del suelo.

La capacidad instalada en generación eléctrica con bioenergía aumentó en el mundo de 66 GW en 2010 a casi 72 GW a finales de 2011. La electricidad se genera a través de un 88 % de la biomasa sólida y residuos sólidos urbanos, la cual se aprovecha a partir de plantas de fuego directo o co-combustión (con carbón o gas natural).[12]

En esta área, Estados Unidos de América es el líder mundial en generación eléctrica proveniente de la biomasa sólida y de residuos sólidos urbanos: a finales de 2011, la capacidad instalada en ese país era de casi 14 GW. Esto es una prueba de que el uso de la bioenergía en el mundo está creciendo, particularmente los pellets de madera, el biodiésel y el bioetanol, como principales combustibles comercializados. Los mercados de la UE son los de mayor expansión, porque estos combustibles son utilizados para la calefacción.[13]

Sin embargo, las plantaciones y cultivos energéticos en grandes extensiones de superficie han sido objeto de severas críticas relativas a los problemas sociales, ambientales y al desarrollo económico en las regiones pobres, porque presentan repercusiones negativas sobre la preservación de la biodiversidad y de los ecosistemas, así como sobre la producción de alimentos; en este último aspecto, se ha evidenciado que el aumento de cultivos energéticos impacta en el alza de los precios. Aunado a lo anterior, en algunos países –como Brasil– se ha favorecido a las corporaciones y a grandes agricultores en detrimento de los agricultores locales.[14]

Tecnología eólica

El viento es una fuente de energía que puede ser utilizada para generar electricidad o energía mecánica. A la tecnología que convierte el viento en energía eléctrica se le denomina aerogeneradora (ver la Figura 5).

Figura 4. Planta de energía solar por concentración, Gemasolar. Torre Central. Sevilla, España

Entre las EA, la energía eólica es la que mayor presencia ha alcanzado en el mercado mundial, contando al terminar 2010 con poco más de 196 GW.[15] En 2011, ésta aumentó su capacidad en 20%, llegando a casi 238 GW, cifra que significa la adición más grande de ER a la capacidad de generación mundial. Cabe señalar que China representó casi 44% del mercado mundial, seguido de EUA y Alemania.[16]

La industria eólica mundial se ha convertido en un negocio de gran importancia. En buena medida esto se ha debido a que la tecnología ha alcanzado tal madurez que ha resultado una fuente alternativa con eficiencia, confiabilidad y menores costos. Las inversiones en este sector se han incrementado sostenidamente en los últimos años. Para fines del 2010, la industria eólica ya empleaba a cerca de 670 mil personas en el mundo.[17]

Tecnología geotérmica

La energía geotérmica es aquella energía que puede obtenerse mediante el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra. En presencia de agua, el calor puede hacer que ésta pueda alcanzar temperaturas

12. REN21, 2012.

13. *Idem.*

14. Hall, 2009.

15. WWE, 2011.

16. REN21, 2012.

17. *Idem.*

Figura 5. Aerogeneradores. Izquierda, de eje horizontal; derecha, de eje vertical

y presión elevadas, generando agua caliente o vapor de agua. Este fluido térmico puede aprovecharse para generar electricidad (a través de turbinas de vapor funcionando con o sin ciclos binarios) o para acondicionar ambientes vía bombas de calor.

En cuanto a esta tecnología, los sistemas convectivos hidrotermales son los sistemas geotérmicos más convencionales, siendo justamente éstos los que se explotan comercialmente en la generación de hidroelectricidad. Tales equipos convectivos están constituidos por una fuente de calor, fluido (líquido y/o vapor) y roca, en donde se almacena el fluido geotérmico a temperaturas aproximadas de hasta 500°C. Estos sistemas pueden a su vez clasificarse en yacimientos de vapor dominante, líquido dominante de alta entalpía y líquido dominante de baja entalpía.

En la actualidad, al menos 78 países a nivel mundial utilizan energía geotérmica. La mayor parte del crecimiento del uso de este recurso se debe a su utilización como fuente de calor, mientras que la expansión de la generación eléctrica con geotermia ha sido modesta.[18] Los países que se destacan por su producción y capacidad instalada son EUA, Filipinas, Indonesia, México, Italia, Islandia, Nueva Zelandia y algunos de Centroamérica (El Salvador, Nicaragua y Costa Rica) y del este de África.[19]

Es clave señalar que la energía geotérmica ha logrado grandes avances para su aprovechamiento, debido primordialmente al desarrollo de nuevas tecnologías, tales como los sistemas geotérmicos avanzados o mejorados, conocidos como sistemas de roca seca caliente. Dichos sistemas se caracterizan principalmente por la disponibilidad de una fuente de calor (roca caliente) y la ausencia de fluidos, correspondiente a las características propias de estos sistemas. Su explotación implica la creación artificial de un yacimiento fracturado mediante técnicas de fracturamiento hidráulico, el cual va acompañado por la inyección de agua a temperatura ambiente a través de un pozo inyector perforado para estos fines. Esta agua es calentada por conducción al entrar en contacto con la roca seca caliente y, después de adquirir condiciones adecuadas de presión y temperatura, es extraída mediante un segundo pozo productor para su aprovechamiento en la superficie.

Este recurso geotérmico se encuentra disponible en el subsuelo entre 2 y 4 Km de profundidad, con temperaturas de 90 a 350 oC, por lo que se consideran sistemas muy abundantes y prácticamente inagotables. No obstante, aunque el proceso de explotación de los sistemas avanzados parece ser simple, tecnológicamente presenta aún barreras y retos por resolver para su adecuada explotación comercial.[20]

18. N21, 2012.

19. Bertani, 2007.

20. Santoyo, E. e I. Torres, 2010.

Una tecnología modesta, con un principio simple de funcionamiento, resulta ser la más desarrollada hasta el momento. La climatización geotérmica se comercializa ya desde hace un tiempo y está teniendo un auge importante. Tales dispositivos funcionan como los sistemas de aire acondicionado convencionales, sólo que el sumidero térmico ya no es la atmósfera sino la tierra. De esta manera, las tuberías se sumergen de 60 cm hasta decenas de metros, para así entrar en contacto con el terreno de la edificación (o incluso se pueden sumergir en depósitos de agua como ríos o lagos, que sirven como sumideros térmicos). Estas mismas tuberías también recorren la edificación a acondicionar desde donde intercambian calor con el sumidero. Dichas instalaciones pueden ser de baja entalpía (sin bomba de calor) o de alta entalpía (con bomba de calor). Las primeras son las más económicas, pues sólo necesitan de tuberías para intercambiar calor entre el terreno y el recinto a acondicionar. Por su parte, las segundas requieren de una bomba de calor para aumentar el intercambio de calor entre los dos depósitos.

A nivel mundial, en 2011, la energía geotérmica proporcionó un estimado de 205 TWh, siendo una tercera parte en forma de electricidad (11.2 GW), mientras que los dos tercios restantes se emplearon en forma de calor para uso directo.[21]

Tecnología hidroeléctrica

La energía hidráulica consiste en aprovechar las energías potencial y cinética asociadas a las caídas de agua, así como la diferencia de alturas entre dos puntos del curso de un río, para así generar electricidad.

La tecnología hidroeléctrica está ampliamente desarrollada en el mundo, por lo que se le considera una tecnología madura y de alta eficiencia, aunque con relativamente altos costos de inversión. La mayor parte de la energía hidráulica que se aprovecha a nivel mundial se realiza a través de centrales hidroeléctricas de gran tamaño, en tanto que una proporción menor se obtiene por medio de centrales hidroeléctricas de pequeña escala.

La definición de una central hidroeléctrica de pequeña escala varía dependiendo del país; por ejemplo, Europa considera esta categoría si su producción no rebasa los 10 MW; por otro lado, en China y en algunos países de América Latina, el límite puede llegar hasta 25 MW; a su vez, existen países donde una minicentral no rebasa los 2 MW.[22]

Gracias a las economías de escala, las grandes centrales hidroeléctricas son en general competitivas, especialmente en los segmentos de la semibase y de los picos de la generación eléctrica, pese a sus relativamente altos costos de inversión. Por otra parte, las hidroeléctricas de pequeña escala han permitido generar electricidad para zonas aisladas, generalmente siendo también competitivas con otras fuentes de energía, tanto convencionales como renovables, para autoabastecer parcial o completamente a empresas o localidades. Además, comúnmente gozan de una mejor aceptación social respecto a las grandes centrales hidroeléctricas, debido a que presentan un área de menor impacto ambiental.[23]

La energía hidroeléctrica es, hasta hoy, la fuente de ER más importante en el mundo. Se estima que el mercado de la hidroelectricidad es aún importante, pese a la oposición por motivos de impacto ambiental a la gran hidroelectricidad. Dentro de este contexto, el mercado de las centrales de pequeña escala, que tienen más aceptación social, son mucho más prometedoras, ya que se están desarrollando rápidamente en países de Asia, África y América Latina.[24]

Tecnologías para el aprovechamiento de la energía oceánica

El océano representa un importante recurso de ER que hasta ahora ha sido poco explotado. Dicha energía se manifiesta en forma de mareas, olas, corrientes marinas y gradientes térmicos y salinos.

En 2010, en el mundo había poco más de cinco plantas de energía oceánica; tres de ellas aprovechan las mareas: la planta de -La Rance, Francia- (ver la Figura 6), con una capacidad de 240 MW, otra en Canadá de 20 MW, y una más en China de 5 MW. Existen también dos que aprovechan las corrientes marinas, una en Noruega y otra en Gran Bretaña.[25]

En 2011, la capacidad mundial de generación de energía oceánica se duplicó con la puesta en marcha

21. REN21, 2012.

22. Paish, 2002.

23. *Idem*.

24. REN21, 2012.

25. ADEME, 2010.

de una planta de energía para utilizar las mareas de 254 MW, en Corea del Sur; una más que aprovecha el oleaje de 0.3 MW en España; y otra más, en Francia, para emplear las corrientes marinas, entre otras. Entre todas las plantas establecidas en el año antes mencionado, se acumuló una capacidad total instalada en el mundo de 527 MW.[26]

Figura 6. Central maremotriz de 240 MW. La Rance, Francia

Estos avances se han impulsado debido a que la energía oceánica presenta varias ventajas: no emite emisiones de GEI, y su tecnología, que conlleva varios años de I+D+i, está en vías de maduración. Sin embargo, los efectos negativos a la flora y fauna del lugar, sumados a su alto costo de inversión, explican su débil desarrollo actual.

De acuerdo con los programas de los fondos nacionales e internacionales dedicados a la I+D+i en ER, se espera una inversión de más de 300 millones de dólares para aprovechar la energía del océano.[27]

Energía en edificaciones

A nivel mundial, los sectores residencial y comercial son los primeros consumidores de energía: 40% del total, correspondiendo el 27% al sector residencial, en tanto que el 9% fue empleado en el comercial.[28] La mayor parte de este consumo energético se va a la operación de las edificaciones. Esto se debe a que, en los últimos 20 años, las construcciones, tanto comerciales como residenciales, han tenido un importante crecimiento, con el consecuente incremento en la demanda de energía, agua y residuos.

Debido a esto, se ha vuelto indispensable plantear medidas de EE en el sector de edificios. Ante ello, países miembros de la UE, Japón, Australia, Nueva Zelanda, Canadá y EUA, entre otros, han implementado, desde todos los niveles de gobierno y la iniciativa privada, normas y estándares de calidad en las edificaciones, los cuales permiten reducir de manera significativa el consumo de energía.[29]

EUA, por medio de la Agencia Internacional de Energía, emitió en 2009 la Certificación en Eficiencia Energética, como un instrumento clave de política para ayudar a los gobiernos a reducir el consumo energético en los edificios.[30] En este mismo rubro, el Reino Unido implementó un Certificado de Comportamiento Energético, obligatorio para los departamentos en renta, en tanto que la UE cuenta con un proyecto de edificaciones eficientes.[31]

Eficiencia energética

Las fuentes primarias de energía que dominan en el mundo son los hidrocarburos (HC), los cuales corresponden al 81.2% de toda la energía primaria producida y consumida (proveniendo 31.8% del petróleo, 21.3% del gas y 28.1% del carbón). Esta enorme dependencia de los HC es la causante en buena medida del cambio climático y de sus consecuencias para el ser humano, ya que es de conocimiento general la producción gigantesca de gases de efecto invernadero, debido al uso intensivo de los hidrocarburos. Resulta importante, en consecuencia, la reducción de los HC, máxime si consideramos que el crecimiento de la población mundial y el aumento de los niveles de vida de la misma están reforzando la demanda de energía, la cual aún se va a satisfacer durante varios años a través del uso de los HC, ya que un proceso de sustitución de estos combustibles por energías alternas es gradual y de largo plazo.

26. REN21, 2010.
27. AMC, 2010.
28. IEA, 2008.
29. AMC, 2010.
30. IEA, 2010.
31. DCLG, 2008.

Desde esta perspectiva, las acciones de Eficiencia Energética (EE) – expresadas en este trabajo como "ahorro de energía"- están orientadas a la optimización y reducción de la cantidad de energía consumida proveniente de los HC usados en la generación de productos y servicios finales que demanda la sociedad. Tales acciones son un elemento crucial para la transición energética hacia las energías alternas y sustentables, así como la disminución del impacto ambiental, especialmente la del cambio climático.

La EE se puede lograr tanto del lado de la oferta (producción de energía) como en el de la demanda (consumo). Las políticas actuales dan énfasis a lograr EE en la oferta, pues es un hecho que el sector de producción y transformación de la energía es muy intensiva en HC, por lo que presenta un gran potencial para mejorar su eficiencia. A nivel mundial, estas oportunidades pueden ser mayores en unas regiones más que en otras, como es el caso de las centrales carbo-eléctricas de China, las cuales consumen 22% más mineral que sus homólogas en EUA.

Este fenómeno se repite en un gran número de países en desarrollo, provocado en gran parte a que suelen usar e inclusive adquirir tecnologías obsoletas, que además son manejadas de manera ineficiente, lo que en conjunto se traduce en posibilidades de mejorar la EE entre un 50 y 60%. Un ejemplo de esto se tiene en la falta de estándares de consumo energético en toda clase de equipos que se usan en la producción y transformación de los HC, destacando los motores y las calderas, además de las pérdidas energéticas, la falta de mantenimiento, el desaprovechamiento de calores de desecho, la ausencia de reingeniería en los procesos térmicos y la quema de gas. De hecho, la AIE (Agencia Internacional de la Energía) estima que las mejoras en EE pueden contribuir a la reducción de 47% de las emisiones de CO_2 potencialmente alcanzables en 2030, vinculadas con el sector energético.

Por lo que respecta a la EE del lado de la demanda, en esta sección se trata de abordar el problema en lo que se denomina "final de tubo" y que igualmente presenta un muy importante margen de mejora. Esta opción fue la primera en abordarse cuando nació el concepto de EE en los años 1970s, con el primer choque petrolero. Tuvo un gran avance en Europa, en particular en Francia, donde incluso se acuñó el término de "yacimiento de las economías de energía", creándose la primera institución abocada ex profeso a tratar este tema. La falta de estándares en los equipos del sector industrial, de los electrodomésticos en el sector residencial y de los equipos de aire acondicionado, así como del uso de sistemas pasivos y activos solares en las edificaciones, además del bajo reemplazo de los vehículos en el transporte, representan importantes posibilidades para reducir el consumo de HC a nivel mundial.

El descenso de los precios del petróleo relajó estos programas de EE, los cuales fueron retomados durante el segundo choque petrolero, con la misma suerte de freno tras este evento. Hoy en día, esta materia se está abordando con un nuevo enfoque, que integra al menos cuatro criterios: la conservación de los HC, la disminución de los impactos ambientales negativos por el uso de los combustibles fósiles, el combate al fenómeno de cambio climático y la seguridad energética, de gran relevancia, especialmente en aquellas naciones dependientes del suministro externo de HC.

Por lo anterior, actualmente, en la agenda internacional se ha retomado el concepto de EE bajo el nombre de 4E en la demanda energética, es decir, Eficiencia Eléctrica en los Equipos de Uso Final (Efficient Electrical End-Use Equipment). Dicho programa se considera fundamental, en virtud de que este energético secundario (la electricidad) es uno de los que tienen mayores tasas de crecimiento en los últimos años y se espera continuará así en el futuro.[32]

En el terreno de los estándares, hay un gran avance a nivel mundial que hace viable aplicarlos en aquellos países en donde la energía se usa de manera ineficiente. Entre los estándares aplicables que se pueden citar están los siguientes: lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio, así como sus respectivas balastros; ventiladores de techo; anuncios de salida; transformadores de distribución tipo seco de bajo voltaje; señalamientos de tráfico como semáforos y señales para peatones; calentadores eléctricos; deshumidificadores; válvulas atomizadoras comer-

32. Cabe citar aquí a los beneficios logrados en el estado de California, EUA, a partir de la aplicación de su programa de EE, el cual fue puesto en práctica como respuesta a la crisis eléctrica que experimentó este país en 2001. Este programa redujo en 5% la demanda durante el primer año y se estima que su continuidad evitará 5.9 GW de potencia y una ganancia neta del orden de 12 mil-millones de dólares en la siguiente década e igual monto en términos ambientales.

ciales y sistemas de acondicionamiento de ambientes (aire acondicionado y de calentamiento); refrigeradores y congeladores comerciales y domésticos; hacedores de hielo; y las lavadoras de ropa y platos.

Igualmente, las empresas de equipo industrial, electrónico y electrodoméstico, siguen mejorando sus estándares de consumo de energía, incluyendo mecanismos para contrarrestar el consumo de los conocidos coloquialmente como "vampiros" (aparatos "en reserva": el conocido "foco rojo" de televisores, teléfonos, computadoras, etcétera), que se ha estimado consumen del orden de 3% de la demanda total anual.

Todo este conjunto de medidas para reducir el uso de los HC, tanto del lado de la oferta como de la demanda, presentan además la mejor relación beneficio/costo acorto plazo. Esta búsqueda de la EE se extiende a todos los sectores intensivos en energía, que van desde el principal, el energético, hacia los de más alto índice de consumo, como son el del transporte y el industrial. En ellos se cuenta con un amplio conocimiento y experiencia sobre mejoras que han ido más allá de la simple eliminación de pérdidas, habiendo llegado en muchos casos al cambio tecnológico, (por ejemplo, en la industria petroquímica, siderúrgica, cementera, etc.), y en el transporte, con el aumento en el rendimiento de los automóviles.

Con el propósito de mantener esta dinámica y de no experimentar una vez más el estancamiento, ahora se toman en cuenta a nivel mundial las diversas barreras que han enfrentado las medidas de EE, que incluyen: a) Información inadecuada e incompleta sobre las oportunidades que ofrece la EE. b) Falta de un marco regulatorio y de organizaciones promotoras. c) Inapropiados incentivos para su fomento. d) Ausencia de estándares en los equipos. e) Gestores de la energía con bajos niveles profesionales. Y f) Carencia de programas dirigidos a la modificación de los valores culturales.

Se ha detectado que una de las razones de la debilidad regulatoria e institucional se debe a que estos aspectos deben construirse con base en consensos entre diversas fuerzas y actores, lo que no es una tarea fácil. De hecho, los negocios energéticos se contraponen al concepto de EE, pues su misión es la ganancia, misma que se logra con la maximización de las ventas de energía. Esto conlleva que los acuerdos a favor de la EE se dificultan; por ello, sólo en un contexto público integral del sector energético es posible facilitar la convergencia de ambos intereses: el abasto y consumo de energía, con máxima eficiencia.

Todo lo anterior ha llevado a que las empresas energéticas y sus reguladores en general (eléctricas en particular) converjan en el criterio de que la "EE es también una opción de suministro". Esta noción se basa en el hecho de que la EE ha sido desde su "creación" un buen negocio, incluso para las compañías de abasto, dado que es una vía para minimizar las pérdidas de su sistemas (tanto técnicas como no-técnicas robos principalmente-). Además, en la mayoría de los casos en que se han implantado programas de este tipo, dichas corporaciones han recibido importantes beneficios económicos de parte de los gobiernos, a lo que hay que sumar que muchas de las firmas oferentes de estos servicios de EE provienen o están asociadas con las propias sociedades de abastecimiento.

Por el lado de los consumidores, también se ha aprovechado la relación de las corporaciones con los usuarios, a los que se les informa sobre este tema y se les financia la adquisición o reemplazo de equipos que les permitan un ahorro sustancial en sus pagos por electricidad, derivado de un menor consumo por el incremento de la eficiencia.

Es relevante destacar que el mundo ha pasado ya por todas esta fases de preservación y ahorro de energía, aunque ha habido períodos en que se ha dado marcha atrás en estos avances, los cuales han estado relacionados con los lapsos de baja en los precios de los HC, momentos en que disminuyen o incluso anulan la rentabilidad de las inversiones en EE. En consecuencia, una de las vías para no perder los avances alcanzados debe ser la de informar, sensibilizar y aportar constantemente recomendaciones, a fin de estimular cambios en los consumidores; aunado a ello, se debe vincular la EE no sólo a aspectos económicos, sino también a los de conservación de recursos no renovables y, sobre todo, a los de tipo ambiental, dado que la EE impacta muy favorablemente en la reducción de los efectos adversos al ambiente por el uso de la energía.

Tecnología del hidrógeno

Como vector energético, el hidrógeno es un combustible con pocos impactos negativos al medio ambiente, que tiene también la ventaja de que puede ser abundante. Para fines energéticos, las aplicaciones principales de este gas en estudio son la generación

de la electricidad y para accionar automóviles a través de dispositivos de conversión de energía, tales como las celdas de combustible.

El hidrógeno puede ser producido a través de una variedad de tecnologías que, de forma general, pueden agruparse en dos categorías: por reacciones químicas y por electrólisis. La primera de ellas puede provenir de la termólisis del agua, la gasificación de carbón o de la biomasa, así como de la reformación con base en hidrocarburos. En su otra vertiente, en la segunda categoría, se obtiene por la electricidad de origen renovable (por ejemplo, fotovoltaica, eoloeléctrica, etcétera), nuclear o fósil (carbo-eléctricas, etcétera), para llevar a cabo la hidrólisis de la molécula del agua y obtener de esta manera al hidrógeno.

La mayoría del hidrógeno producido en el mundo se extrae de la reformación de hidrocarburos, principalmente del gas natural, y aunque proviene de un recurso fósil, su uso en celdas de combustible presenta menos emisiones por kWh generado, en comparación con la combustión directa del combustible original. Cabe recalcarse que la producción de hidrógeno más conocida mediante fuentes de ER es a través de la electrólisis del agua.

La utilización del hidrógeno renovable para producción de electricidad sigue en el mundo en las etapas de I+D; de hecho, aunque ya hay algunos prototipos, no se cuenta con una central de generación comercial. Así mismo, la utilización como combustible promete ser una solución para disminuir emisiones de GEI y reducirlos niveles de ruido. Al 2013, ya existen automóviles experimentales que consumen hidrógeno.

2. Identificación de alternativas y soluciones. Rutas de acción

En este apartado se presentan algunas alternativas en cuanto a las EA en las Américas, expresadas por académicos, investigadores e instituciones, así como otros expertos en el tema. Tales propuestas son derivadas de varias reuniones, foros y congresos mencionados al comienzo de este documento. De manera general, entre las alternativas y rutas de acción para aumentar el uso de EA en el tránsito hacia un sistema energético sustentable, están las siguientes:

- El uso de subsidios para la promoción de las fuentes de ER y los programas de EE.
- La inclusión de externalidades en la evaluación de las opciones para producir energía, particularmente las socioambientales y aquellas que provocan daños a la salud.
- La formación de recursos humanos especializados en las áreas de las EA.
- La consecución de recursos económicos y materiales suficientes para la I+D+i, los cuales se enfoquen en la innovación, creación de patentes, desarrollo de programas computacionales especializados, desarrollo de proyectos piloto y su escalamiento a nivel industrial.
- Desarrollo de estrategias y mecanismos de financiamiento con recursos nacionales e internacionales.
- Información y difusión de las ventajas y desventajas del uso de las EA.
- Creación de redes para la investigación y desarrollo en EA.
- Normalización, reglamentación, monitoreo, verificación, certificación y desarrollo de instrumentos legales suficientes para lograr un buen desempeño de las EA.
- Priorización de las EA en la agenda de energía del gobierno (Política energética de largo plazo).
- Valoración de las ventajas de las fuentes de EA en cuanto a precios de la energía a largo plazo y la reducción de los riesgos en el abastecimiento.
- La creación de más instituciones de I+D, con un incremento sustancial de los puestos de trabajo.

Las alternativas o soluciones se han establecido, al igual que en el apartado anterior, de acuerdo al tipo de fuentes de EA.[33] A continuación se mencionan las principales:

Energía Fotovoltaica

Las rutas de acción que se proponen para los FV son:

- Evaluación del recurso solar y elaboración de un mapa solar de la región.
- Elaboración de un inventario regional, bases de datos de su desempeño y mantenimiento de los sistemas FV.

33. AMC, 2010.

- Elaboración de estudios para el establecimiento de la cadena productiva de los sistemas FV.
- I+D para nuevas celdas solares y otros componentes de sistemas FV en los laboratorios nacionales.
- Diseño y construcción de sistemas FV de mediana y gran potencia para diversas aplicaciones.
- Desarrollo de normas, certificación y programas de capacitación para la implementación, adaptación y adopción de los sistemas FV en los diversos sectores sociales.[34]

Energía Solar térmica de Baja Temperatura (ESBT)

Las rutas de acción específicas para la ESBT comienzan con una línea, esto es, con el desarrollo de una base de datos de las condiciones climáticas de cada país para, de este modo, hacer los cálculos de sistemas solares. Además, se proponen las acciones siguientes:

- I+D+i en: a) Sistemas avanzados de automatización y control; b) Colectores solares de baja temperatura; c) Nuevos materiales aplicados en la fabricación de captadores solares de baja temperatura; d) Equipos de calentamiento solar para aplicaciones específicas, como refrigeración, secado y desalinización.
- Diseño de programas de información y difusión sobre el funcionamiento, mantenimiento y beneficios de esta tecnología, dirigidos particularmente a los usuarios.
- Capacitación técnica de los comercializadores e instaladores de esta tecnología. Sumado a ello, es necesario crear un programa de certificación para los instaladores, para el mantenimiento e ingenierías, para así garantizar la calidad de los equipos de ESBT.

Energía Solar de Media (ESMT) y Alta Entalpía (ESAT)

En cuanto a la ESMT y ESAT, las rutas de acción se concentran en investigación básica y aplicada, así como en desarrollo tecnológico:

- Trabajar en diseños, materiales y métodos de fabricación de los concentradores de foco lineal (cilíndricos y de Fresnel) y de foco puntual (Dish- Stirling y Torre Central) para las CSP, las cuales abaraten los costos de inversión y mantenimiento.
- Mejorar los materiales, dispositivos y métodos de fabricación del almacenamiento térmico, y también de reflectores y absorbedores.
- Identificar, caracterizar y analizarlos procesos industriales susceptibles de acoplarse con colectores solares confiables y eficientes.
- Desarrollar plantas experimentales y demostrativas de las diferentes tecnologías de ESMT y ESAT, las cuales validen la tecnología existente, desarrollen nuevos métodos, establezcan la vinculación entre estas tecnologías y el sector industrial, y formen recursos humanos especializados.
- Desarrollo de receptores/reactores para sistemas de alta concentración.

Bioenergía

- La bioenergía requiere completar con más precisión la evaluación del recurso potencial existente en el país, así como reforzar las líneas de I+D+i relacionadas con el estudio de la sostenibilidad de los biocombustibles, las consideraciones sociales y ambientales de dichos proyectos.[35]
- Así mismo, es de fundamental importancia la I+D en procesos que maximicen la producción de biomasa y biocombustibles (etanol, biodiésel, biogás, carbón vegetal), en equipos y materiales. Entre los ejemplos de estos últimos, están la peletización de la biomasa; la co-combustión de biomasa; los biodigestores de bajo costo; los quemadores de pellets; el biogás a partir de vinazas;la producción de etanol con materiales lignocelulósicos; la selección de especies y variedades nacionales para la producción sustentable de biodiésel y etanol; tecnología para el manejo sustentable de bosques y selvas; sistemas logísticos óptimos de recolección y traslado de residuos de biomasa; biorrefinerías; y sistemas de producción de biocombustibles a partir de algas.
- También se vislumbran como rutas de acción para la bioenergía a la creación de modelos de

34. *Idem.*

35. *Idem.*

producción y otros servicios ambientales, tomando en cuenta el manejo ecológico de bosques y selvas, así como modelos de evaluación energética, económica y ambiental de cultivos y plantaciones.

Energía eólica

Las rutas de acción consideradas para la energía eólica, fuente de ER de mayor presencia en cada país, buscan primordialmente el desarrollo de una industria eólica sólida y competitiva, para así lograr una posición de vanguardia mundial en este terreno. De manera específica, se proponen las siguientes rutas:

- Elaborar un programa de asimilación de tecnología.
- Desarrollar proyectos industriales para el desarrollo de turbinas eólicas de pequeña y mediana capacidad para atender los nichos de mercado existentes.
- Fomentar y desarrollar la capacidad industrial, a fin de contar con una industria sólida y competitiva, a través de la cual se puedan fabricar aerogeneradores, subsistemas y componentes, con la consecuente creación de empleos, aprovechando el interés de los inversionistas para conformar una industria eolo-eléctrica nacional.
- Estructurar una base de datos del recurso eólico de alta confiabilidad.
- Desarrollar modelos prospectivos de la variabilidad del recurso.
- I+D+i en trenes de potencia, pequeños aerogeneradores, rotores y aspas de diseños avanzados, autodiagnóstico de fallas, cimentaciones y torres, además de la mejoría de equipos expuestos a condiciones extremas.
- Informar y difundir los beneficios ambientales de la electricidad proveniente de recursos eólicos.
- Realizar estudios sobre los impactos sociales y ambientales del desarrollo eólico en cada país.

Geotermia

Para un mayor aprovechamiento de la energía geotérmica, se plantean las siguientes líneas de acción:

- Evaluar el recurso aprovechable a escala nacional, caracterizando los ambientes tectónicos en los que puedan existir recursos geotérmicos aprovechables.
- Desarrollar nuevos métodos de exploración, así como formar investigadores dedicados a estas nuevas formas de exploración.
- I+D+i en equipos de superficie, perforación y construcción de pozos.
- Impulsar la aplicación de la geotermia en bombas de calor.
- Educar e informar a la población sobre los beneficios directos de la energía geotérmica.

En cuanto a las rutas de acción en I+D para reducir el impacto ambiental del aprovechamiento de la energía geotérmica, se tienen las siguientes:

- Explotar la extracción de minerales como política adicional de fluidos residuales.
- Remover contaminantes y desarrollar técnicas de remediación en la exploración y explotación geotérmica.
- Realizar un diagnóstico acerca de la regulación de la energía geotérmica en cada nación.

Energía hidráulica a pequeña escala

La primera línea de acción, expresada para el aprovechamiento del recurso hidráulico a pequeña escala, es una demanda repetitiva en cada una de las fuentes de ER en cuanto a la evaluación del recurso hidráulico en todo el país. Se proponen a continuación las siguientes acciones:

- Establecer programas específicos para plantas hidráulicas de pequeña escala, las cuales incluyan desde diseño y manufactura de equipos hasta la instalación, operación y mantenimiento de estos sistemas.
- Definir programas de I+D en estrategias de control de flujo, nuevos materiales y mejora de los diseños de la planta y de las turbinas, para así disminuir la concentración de la fauna acuática.
- Evaluar el potencial nano y pico hidro de la región.

Energía oceánica

Las rutas de acción, al igual que en todas las fuentes de ER, comienzan con la evaluación del recurso y con el avance del conocimiento de las diferentes formas de aprovechar la energía del océano, a fin de poder definir una estrategia de desarrollo específica para esta fuente de ER.[36]

36. *Idem.*

También es necesario en cuanto a IyDT:

- Fortalecer los grupos de investigación existentes.
- Incursionar en las distintas tecnologías de aprovechamiento de esta fuente de energía.
- Realizar evaluaciones de impacto ambiental en las zonas de aprovechamiento de la energía oceánica.

Energía en edificaciones

En cuanto a la energía en edificaciones, se proponen acciones para la apropiación, fortalecimiento y desarrollo del área en el ámbito regional, específicamente las siguientes:

- Complementar la normatividad nacional para la evaluación energética y certificación de las edificaciones mediante normas de aplicación obligatoria, así como mecanismos para su implementación y certificación, tanto en el proceso constructivo como de comercialización en edificaciones (no sólo residenciales sino también comerciales, industriales y de servicios).
- Establecer estrategias consensuadas de diseño de edificaciones de bajo consumo de energía.
- Definir parámetros para sistemas de acondicionamiento ambiental y de iluminación artificial para la comodidad visual.
- Desarrollar y diseñar nuevos materiales para edificaciones que reduzcan el uso de recursos naturales no renovables, el consumo de energía y los efectos negativos en el ambiente, tanto en el proceso de producción como en su ciclo de vida.
- Elaborar y diseñar normas y procesos de certificación, tanto voluntarios y obligatorios para materiales de construcción, ya sean éstos nuevos y reciclados.
- En I+D se proponen las siguientes rutas de acción:
  - Aumentar las alternativas de financiamiento a proyectos prioritarios.
  - Hacer proyectos demostrativos en las diferentes regiones de cada país.
  - Fomentar programas de transferencia de tecnología con la industria de la construcción.
  - Mejorar los mecanismos de vinculación de la academia con sectores productores y usuarios de energía.
  - Desarrollar nuevas metodologías constructivas.
  - Reforzar la investigación y aplicación del diseño bioclimático en la construcción.
  - Fomentar la inclusión de temas de diseño de edificios eficientemente energéticos en la curricula de las universidades.

A manera de síntesis, la ruta fundamental de acción será: 1. Buscar que los edificios tengan la capacidad técnica de abastecerse y almacenar energía de fuentes naturales para poder usarla según sus necesidades. 2. Favorecer la proyección de edificaciones con demandas energéticas menores. Esto puede lograrse mediante el uso del diseño bioclimático.

Eficiencia energética en el uso de los Hidrocarburos

Las rutas de acción para una aplicación masiva y de mayor impacto de los programas de EE son:

- Realizar estudios sobre el uso final de la energía en los sectores.
- Formar especialistas en EE.
- Crear una normatividad en las metodologías, para así realizar diagnósticos confiables de los usos de la energía.
- Desarrollar las normas de eficiencia energética en equipos y dispositivos en todos los sectores. También se aplicarán sobre los equipos de importación.
- Fomentar la vinculación entre el gobierno, la academia y la industria en materia de EE.
- Establecer la obligatoriedad de aplicar medidas de EE en el sector público, en los tres niveles de gobierno.
- Establecer la EE como una prioridad en la estrategia gubernamental de EE, lo cual lleve, en consecuencia, a una asignación de recursos públicos más óptima.
- Impulsar el desarrollo tecnológico para producir equipos de alta eficiencia, adaptados a las condiciones de operación en la República Mexicana.
- Promover la información específica y certificada de materiales y equipos que promuevan el uso eficiente de la energía.
- Establece r estándares internacionales como referencia para la industria energética y manufacturera nacional, en aras de mejorar su competitividad.

Hidrógeno

En cuanto a la energía proveniente del hidrógeno, se propone como rutas de acción el desarrollo de los siguientes proyectos:

- Impulsar una ciencia aplicada para el desarrollo de materiales y componentes: electrocatalizadores, electrolitos para celdas de combustible, catalizadores para producción de hidrógeno (a partir de insumos orgánicos renovables) y placas bipolares.
- I+D+i en conversión térmica de biomasa, ciclos termoquímicos con energía solar concentrada, celdas de combustible, motores de combustión interna a hidrógeno, catalizadores para reformación y micro-reformación, absorbentes y otros sistemas de almacenamiento de hidrógeno.
- Formación de redes de investigación.
- Buscar la especialización de profesionales y la formación de nuevos recursos humanos en el tema.

3. Políticas públicas asociadas a la construcción de las soluciones identificadas

Para impulsar la política pública hacia una transición energética en la cual la EE sea una prioridad en todos los sectores del país, fortaleciendo el uso de las fuentes de EA (especialmente de ER) y CCS para sustentar la mayoría del consumo de energía, se parte de nueve premisas fundamentales:

1. Mejorar la eficiencia energética en tecnologías y procesos en toda la cadena de la energía: producción, transporte, transformación, abastecimiento y consumo.
2. Apoyar la investigación, el desarrollo y la innovación en tecnologías de fuentes de EA, especialmente de ER, EE y CCS.
3. Educar e informar a la población en EE y en el aprovechamiento de EA, especialmente de ER.
4. Realizar estudios de patrones de conductas en consumo energéticos en todos los sectores productivos, con la intención principal de proponer un cambio en los hábitos de consumo.
5. Apoyar la investigación para el desarrollo de tecnologías de aprovechamiento de EA, especialmente de ER, tanto en la generación de energía como en la producción de calor en todos los sectores.
6. Eficientar, abaratar y subsidiar tecnologías de aprovechamiento de EA, para que toda la población pueda tener acceso a ellas.
7. Proponer que para el mediano plazo (2030), al menos 30% de la energía de uso final provenga de fuentes de EA, especialmente de ER.
8. Promover y desarrollar una cultura consciente de las consecuencias ambientales del uso de la energía.
9. Impulsar la formación de recursos humanos especializados tanto en EE como en EA, especialmente en ER y CCS.

En este mismo contexto, es importante consolidar la planeación y el establecimiento de estrategias de política energética en el corto plazo dirigidas a:

- Que los energéticos convencionales muestren el costo real y el subsidio otorgado, incluyéndose las externalidades ambientales.
- Mayor financiamiento para el desarrollo de la ciencia, tecnología e innovación en EE y EA, especialmente ER y CCS.
- Crear propuestas de programas de inversión en uso y aprovechamiento de las ER, dirigidas al Gobierno e instituciones financieras, resaltando los beneficios sociales, ambientales y los ahorros que se lograrán.
- Crear núcleos regionales académicos para proponer proyectos específicos a los sectores industrial y gubernamental.
- Creación de instrumentos económicos para la promoción de tecnologías de EE y de fuentes de ER.
- Formación de capital humano en EE y EA, especialmente de ER y CCS.
- Apoyo a la vinculación de la academia, la industria, la sociedad y el Gobierno, tomando como ruta de acción estratégica la creación de una iniciativa nacional para la coordinación entre pequeñas y medianas empresas, los gobiernos estatales y municipales, así como organizaciones sociales, universidades y centros de investigación.

- Identificar recursos renovables por región y realizar acciones asesoradas por la academia, las cuales irán dirigidas por el Gobierno con el fin de explotarlos.
- Difusión de las tecnologías en EE y EA, especialmente ER y CSC.

A mediano y largo plazos:

- Creación de industrias productivas nacionales en la cadena de las ER, dando preferencia y facilidades a la industria nacional.
- Establecimiento de un programa de incentivos de uso de ER y EE, por sector y tecnología.
- Voluntad política para que se desarrolle tecnología nacional y se reduzca la fuerte dependencia tecnológica del exterior.
- Crear modelos de EE en la academia, con el fin de transferirlos a la industria privada y al gobierno.
- Crear institutos nacionales de ER para fortalecer y coordinar los esfuerzos de IyDT en cada país.

La realización de estas políticas públicas tiene como centro el robustecimiento de la investigación y desarrollo tecnológico y la innovación (I+D+i) en EA, especialmente de ER y EE, así como la correspondiente formación de recursos humanos para realizar estas actividades.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo de captura y ordenamiento de datos y realización de gráficos en la secciones 1 y 2 de este capítulo de Genice Grande Acosta, Técnico Académico de la Coordinación de Planeación Energética del Instituto de Energías Renovables de la UNAM.

Claudio A. Estrada Gasca

El profesor Estrada es físico por la Universidad Nacional Autónoma de México y tiene un Ph. D. en Ciencias de la Ingeniería Mecánica por la Universidad Estatal de Nuevo México, EUA. El Prof. Estrada trabaja en el ahora Instituto de Energías Renovables de la UNAM desde junio de 1988 como investigador; sus áreas de interés son los fenómenos de transporte en sistemas solares, en particular en sistemas de concentración solar. Ha dirigido diversos proyectos de investigación y desarrollo en el área. Ha publicado más de 170 trabajos de investigación en conferencias y revistas del Science Citation Index y es editor asociado de la *Revista Internacional de Energía Solar*. Ha graduado a más de 40 estudiantes (12 de doctorado). Ha sido uno de los promotores más activos en México de las Energías Renovables, particularmente de la Energía Solar. Ha organizado un número importante de reuniones científicas sobre el tema. Ha sido presidente de la Asociación Nacional de Energía Solar y miembro del Consejo Directivo de Sociedad Internacional de Energía Solar. Ha recibido varios premios, entre ellos, en 2009, el de la Sociedad Mexicana de Física por el desarrollo de la Física en México. Fue director del Centro de Investigación en Energía de la UNAM de diciembre de 2004 a diciembre de 2012. Bajo su gestión como director se realizó el trabajo para la transformación del Centro de Investigación en Energía en el Instituto de Energías Renovables; la transformación se dio en enero de 2013. También bajo su gestión como director del CIE se diseño, gestionó y aprobó la Licenciatura en Ingeniería en Energías Renovables de la UNAM, siendo aprobada por Consejo Universitario en marzo de 2011. Actualmente, es miembro del Sistema Nacional de Investigadores con el Nivel III, es el responsable del proyecto Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar de México y desde abril del 2015 es el Director del UNAM Tucson-Centro de Estudios Mexicanos.

Jorge Marcial Islas Samperio

Obtuvo la Licenciatura en Física y la Maestría en Ingeniería Energética en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Doctorado en Economía Aplicada en la Universidad Pierre Mendès France en Francia. Actualmente es investigador Titular y Coordinador del Grupo de Planeación Energética en el Instituto de Energías Renovables de la UNAM (IER, UNAM). Es también Gestor Científico del Área de Energía del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) y Consejero Social de la Coordinación de Evaluación de la Política Nacional de Cambio Climático. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores y de la Academia de Ingeniería. Ha sido Jefe del Departamento de Sistemas Energéticos y Secretario Académico así como Coordinador del Posgrado de Ingeniería (en Energía) en el IER UNAM. Ha cultivado las líneas de investigación Prospectiva Energética y Tecnológica de las Energías Renovables, Energía y Mitigación del Cambio Climático y Economía de las Energías Renovables, en las cuales ha sido responsable académico de más de 30 proyectos de investigación y consultor de varias instituciones nacionales e internacionales. Cuenta con más de 80 artículos de investigación publicados en revistas internacionales arbitradas y en memorias de congresos internacionales y nacionales. Ha publicado libros y capítulos de libro en el área de ciencia y desarrollo tecnológico y otros tópicos de las energías renovables.

Wilfredo César Flores Castro

Es Doctor en Ingeniería Eléctrica por la Universidad Nacional de San Juan, Argentina (2007); maestría en Administración de Negocios (MBA), TEC de Monterrey, México (2001); Ingeniería Eléctrica, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, UNAH (1996). Ha ocupado los cargos de Investigador y profesor de la Universidad Tecnológica Centroamericana, UNITEC (Honduras). Especialista en energía y coordinador de Política Energética, Dirección General de Energía (DGE) (Honduras) (2007-2015); analista de Planificación de la transmisión y seguridad operativa, Ente Operador Regional (EOR) (El Salvador) (2011-2013); jefe de mantenimiento de la planta de energía hidroeléctrica El Cajón y subestaciones eléctricas, Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) (Honduras) (1995-2001). El doctor Flores es miembro *senior* del IEEE, presidente de la sección de Honduras del IEEE PES en 2016 y miembro de la Academia Nacional de Ciencias (Honduras). Sus líneas de investigación: la política energética, el marco regulador de los mercados eléctricos de potencia, los mercados regionales de energía, el análisis de los sistemas de energía eléctrica, la energía renovable y el uso del tipo 2 de sistemas Fuzzy Logic para aplicaciones en el diagnóstico. Es autor de varios documentos relacionados con la energía y la inteligencia artificial. Actualmente es investigador de la Universidad Tecnológica Centroamericana de Tegucigalpa, Honduras. .

Bibliografía

ADEME (2010), Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie, Feuille de route sur les énergies renouvelables marine, 32 páginas, ISBN: 978-2-35838-1550-0. Disponible en: http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?sort=-1&cid=96&m=3&id=74563&ref=14152&nocache=yes&p1=111. Consultado el 14 de agosto de 2013.

Agredano Díaz, Jaime (2008), Tecnología Fotovoltaica, Boletín IIE Tendencias Tecnológicas, Abril-Junio, 7 páginas. Disponible en: http://www.iie.org.mx/boletin022008/tendeno2.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

AIEA (2012), International Atomic Energy Agency, Nuclear Technology Review 2012, Austria, 182 páginas. Disponible en: http://www.iaea.org/Publications/Reports/ntr2012.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

AMC (2010), Academia Mexicana de Ciencias, Energías alternas: propuesta de investigación y desarrollo tecnológico para México, 152 páginas. Disponible en: http://www.coniunctus.amc.edu.mx/libros/energias_alternas.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

AMEE (2012), Asociación Mexicana de Energía Eólica, Proyectos eólicos en operación en México, 2 páginas. Disponible en: http://amdee.org/Proyectos/ProyectosEolicosenMexico2012dic.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

ANES (2011), Asociación Nacional de Energía Solar A.C., Disponible en: http://www.anes.org/anes/index.php?option=com_wrapper&Itemid=13. Consultado el 20 de agosto de 2013.

Bertani,R. (2007), World Geotermal Generation in 2007, páginas. 8-19 in: Oregon Institute of Technology, Geo-Heat Center Quarterly Bulletin, Sustainability World Generation Australia, Volume: 28, No.3, 28 pag., ISSN: 0276-1084. Disponible en: http://geoheat.oit.edu/bulletin/bull28-3/bull28-3-all.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

BP (2011), British Petroleum, Energy Outlook 2030, 80 páginas. Disponible en: http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/2010_downloads/2030_energy_outlook_booklet.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

BP (2013), BP Statistical Review of World Energy June 2013. Disponible en: http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics.html Consultado el 03 de junio de 2014.

CFE (2012), Comisión Federal de Electricidad, Programa de obras e inversiones del sector eléctrico 2012-2026, 370 páginas.

CFE (2011), Comisión Federal de Electricidad, Programa de obras e inversiones del sector eléctrico 2011-2025, 312 páginas.

CEPAL (2009), Comisión Económica para América Latina, Situación y perspectiva de la eficiencia energética en América Latina y el Caribe. Documento de proyecto, 294 páginas. Disponible en: http://www.eclac.org/publicaciones/xml/1/37451/lcw280e.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

CONUEE (2013) Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Normas Oficiales Mexicanas en Eficiencia Energética Vigentes. Disponible en: http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/CONA_1002_nom_publicadas_vigen. Consultado el 20 de agosto de 2013.

DCLG (2008), Department for Communities and Local Government, Energy Performance Certificates (EPCs) and Renting Homes: A tenant's guide, 8 pages, Disponible en: http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20120919132719/http://www.communities.gov.uk/documents/planningandbuilding/pdf/925424.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

DOF (2007), Diario Oficial de la Federación, Ley Federal de Derechos en Materia de Hidrocarburos, 10 de enero de 2007.

DOF (2008), Diario Oficial de la Federación, Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, 28 de noviembre de 2008.

DOF (2008a), Diario Oficial de la Federación, Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, 01 de febrero de 2008.

DOF (2008b), Diario Oficial de la Federación, Decreto que reforma y adiciona el artículo la Ley Orgánica de Administración Pública Federal, 28 de noviembre de 2008.

Esteban. A., (2012), Japón abandonará la energía nuclear en la década de los 30, Diario El País, 14 de septiembre de 2012.

Global CCS Institute, (2011), The Global Status of CCS: 2011, 156 páginas, ISBN: 978-0-9871863-0-0. Disponible en: http://cdn.globalccsinstitute.com/sites/default/files/publications/22562/global-status-ccs-2011.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

Global CCS Institute, (2012), CCS Ready Policy and Regulations. The State of Play, 81 pages,Disponible en: http://cdn.globalccsinstitute.com/sites/default/files/publications/44161/ccsreadydraftfinal10aug.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

GWEC (2014), Global Wind Energy Council. Global Wind Report. Annual Market Update 2013, GWEC. Disponible en: http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2014/04/GWEC-Global-Wind-Report_9-April-2014.pdf. Consultado el 2 de junio de 2014.

Hall,J. M.Severino,L. Beltrao,N.(2009), Brazilian biofuels and Social Exclusion: Established and Concentrated Ethanol versus Emerging and Dispersed Biodiesel. Journal of Cleaner Production, Volume: 17, Supplement 1, páginas S77-S85.

Huacuz, Jorge M. (2010), La energía del viento, ¿cómo aprovechas su valor?, Ciencia y Desarrollo, febrero de 2010, páginas 36-50.

H. Cámara de Diputados (2008). Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, 16 páginas, Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAERFTE.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

IEA (2007), International Energy Agency, Solar Heating & Cooling Programme 2007, Annual Report, 128 páginas. Disponible en: http://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/shc_annual_report_2007.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

IEA (2008), International Energy Agency, Energy Efficiency Requirements in Building Codes, Energy Efficiency Policies for New Buildings, 85 páginas. Disponible en: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Building_Codes.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2014.

IEA (2010), International Energy Agency, Energy Performance Certification of Buildings: A Policy Tool to Improve Energy Efficiency, 64 páginas. Disponible en: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/buildings_certification.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

IEA (2013), International Energy Agency, Renewables Information. IEA, Francia.

IGA (2012), International Geothermal Association, What is Geothermal Energy? Disponible en: http://www.geothermal-energy.org/geothermal_energy/what_is_geothermal_energy.html. Consultado el 04 de junio de 2014.

IPCC (2005), Intergovernmental Panel on Climate Change, Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage, Cambridge University Press, 443 páginas. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_wholereport.pdf.Consultado el 14 de agosto de 2013.

IPCC (2012), Intergovernmental Panel on Climate Change, Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Full Report, New York, Cambridge University Press.

ITC (2010). International Training Centre, Estrategias Territoriales Innovadoras para Empleos Verdes, Centro Internacional de Formación de la Organización Internacional del Trabajo,124 páginas. Turín, Italia. Disponible en: http://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/edit/docref/estra_emverdes.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

II-UNAM (2011), Proyectos. Disponible en: http://www.iingen.unam.mx/es-mx/SitiosWeb/Laboratorios/LIPC/Investigacion/Lists/Proyectos. Consultado el 14 de agosto de 2013.

Le Bert, G., (2009), Potencial energético del Alto Golfo de California, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Volumen: 61, Núm. 1, páginas 143-146. Disponible en: http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/6101/%2813%29Hiriart.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

López-Gonzalez J. et al (2010), Cuantificación de Energía de una Planta Mareomotriz, Ingeniería Investigación y Tecnología, Volumen: XI, No. 2, páginas: 233-245, ISSN 1405- 7743, FI-UNAM.

Lucas, W. Davis, (2011), Prospects for US Nuclear Power After Fukushima, Energy Institute at Haas, El@HaasWP128, 21 páginas. Disponible en: http://ei.haas.berkeley.edu/pdf/working_papers/WP218.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

Lu, Xi, Michael B. McElroy, Juha Kiviluoma (2009). Global potential for wind-generated electricity. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 106 (27), 10933-10938.

Masera. O., Fuentes. A., (2010), La bioenergía para un desarrollo nacional sustentable, Red Mexicana de Bioenergía y Centro de Investigación en Ecosistemas, UNAM, página 8.

National Petroleum Council (2007), after Craig, Cunningham and Saigo.

NEI (2013), Nuclear Energy Institute, Nuclear Energy´s Economics Benefits-Current and Future, 6 páginas. Disponible en: http://www.nei.org/CorporateSite/media/filefolder/Nuclear-Energy-s-Economic-Benefits-Current-and-Future.pdf?ext=.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

NREL (2009). National Renewable Energy Laboratory, Solar Resources By Class Per Country. Disponible en: http://en.openei.org/datasets/node/498. Consultado el 5 de junio de 2014.

OKSolar (2013), World Solar Radiation. Disponible en: www.oksolar.com/abctech/world_solar_radiation.pdf.Consultado el 14 de agosto de 2013.

Paish, O., (2002), Small Hydro Power: Technology and Current Status, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume: 6, Issue: 6, páginas: 537-556.

REN21 (2012), Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Renewables 2012 Global Status Report, Paris, REN21 Secretariat, 76 páginas. Disponible en: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR2012_low%20res_FINAL.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

Santoyo-Gutiérrez, Edgar y Torres-Alvarado, Ignacio S. (2010), Escenario futuro de explotación de la energía geotérmica: hacia un desarrollo sustentable. Revista Digital Universitaria [en línea]. 1 de octubre 2010, Volumen:. 11, No.10. 26 páginas. Disponible en: http://www.revista.unam.mx/vol.11/num10/art95/art95.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

SENER (2011a), Secretaría de Energía, Balance Nacional de Energía 2011,59 páginas. Disponible en: http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/BNE_2011.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

SENER (2011b), Secretaría de Energía, Estado que Guardan las Tecnologías de Captura y Almacenamiento de Carbono y su Aplicación en México, 45 páginas. Disponible en: http://co2.energia.gob.mx/res/Estado%20que%20guardan%20las%20tecnologias%20de%20Captura%20y%20Almacenamiento%20de%20Carbono%20y%20su%20aplicacion%20en%20Mexico.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

SENER (2010), Secretaría de Energía, Prospectiva del sector eléctrico 2010-2025,227 páginas. Disponible en: http://www.sener.gob.mx/res/1825/SECTOR_ELECTRICO.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

SENER (2012a), Secretaría de Energía, Prospectivas de Energías Renovables 2012-2026,156 páginas. Disponible en: http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PER_2012-2026.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

SENER (2012b), Secretaría de Energía, Estrategia Nacional de Energía 2012-2026, 179 páginas. Disponible en: http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/ENE_2012_2026.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

UNEP (2012), UNEP Collaborating Centre for Climate and Sustainable Energy Finance, Global Trends in Renewable Energy Investment 2012, 82 páginas, 2012. Disponible en: http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/publications/globaltrendsreport2012.pdf

US DOE/EIA (2013), US Energy Information Administration. Annual Energy Outlook 2013 with projections to 2040, 244 páginas. Disponible en: http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383(2013).pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

Wadia, C.(2009), Alivisatos, A.P. y Kammen, D.M., Materials availability expands the opportunity for large-scale photovoltaics development. Environmental Science & Technology, Volume: 43, No. 6, páginas: 2072-2077.

WB (2013), World Bank, World Development Indicators 2013. Disponible en: http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators

WEA (2011), Wind Energy Association, World Wind Energy Statistics, Half-year Report 2011, 7 páginas. Disponible en: http://wwindea.org/home/images/stories/publications/half_year_report_2011_wwea.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

Weiss, W., Mauthner,F. (2011), Solar Heat Worldwide, Markets and Contribution to the Energy Supply 2009, Solar Heating and Cooling Programme, International Energy Agency, 58 páginas.Disponible en: http://www.cansia.ca/sites/default/files/sites/default/solar_heat_worldwide-2011.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

Weiss W. and Mauthner F., (2012), Solar HeatWorldwide – Markets and Contributions to the Energy Supply 2010, Solar Heating and Cooling Programme, International Energy Agency, 63 páginas. Disponible en: http://www.ecowrex.org/document/solar-heat-worldwide-2012-0. Consultado el 14 de agosto de 2013.

WNA (2013), World Nuclear Association, Nuclear Power in the United Arab Emirates. Disponible en: http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-T-Z/United-Arab-Emirates/#.UhP_i2CI7IU. Consultado el 20 de agosto de 2013.

WWF (2010),World Wild Fundation, Planeta vivo. Informe 2012. Biodiversidad, biocapacidad y propuestas de futuro, 164 páginas. Disponible en: http://awsassets.panda.org/downloads/informe_planeta_vivo_2012.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.

Box
Atacama: Otro punto de luz para Chile

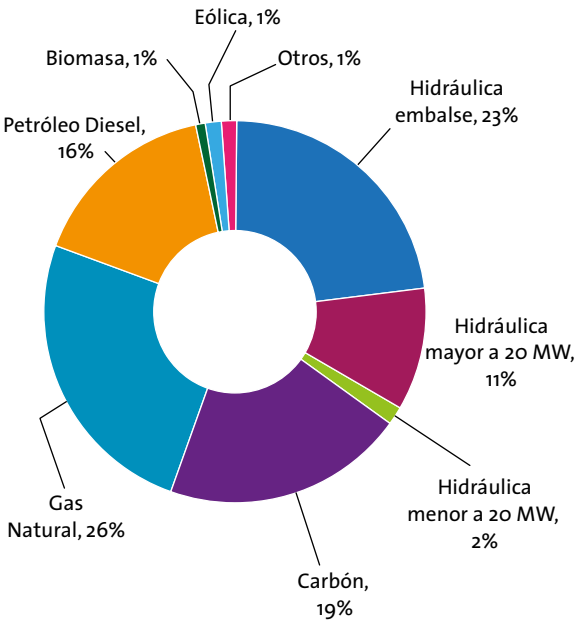
Miguel Kiwi[1] | Chile

En Chile es ampliamente reconocido que el abastecimiento de energía, especialmente energía eléctrica, debe de ser fortalecido. En un futuro próximo, Chile necesita aumentar el suministro de energía por aproximadamente 7 GW. Se han hecho muchos estudios al respecto, y hay poco desacuerdo con la premisa básica. El problema es que Chile no ha adoptado ningún plan estatal de energía durante los últimos 25 anos. O sea, a pesar de las obvias contradicciones, la política de energía ha caído en las manos de los proveedores (i.e. la empresa privada).

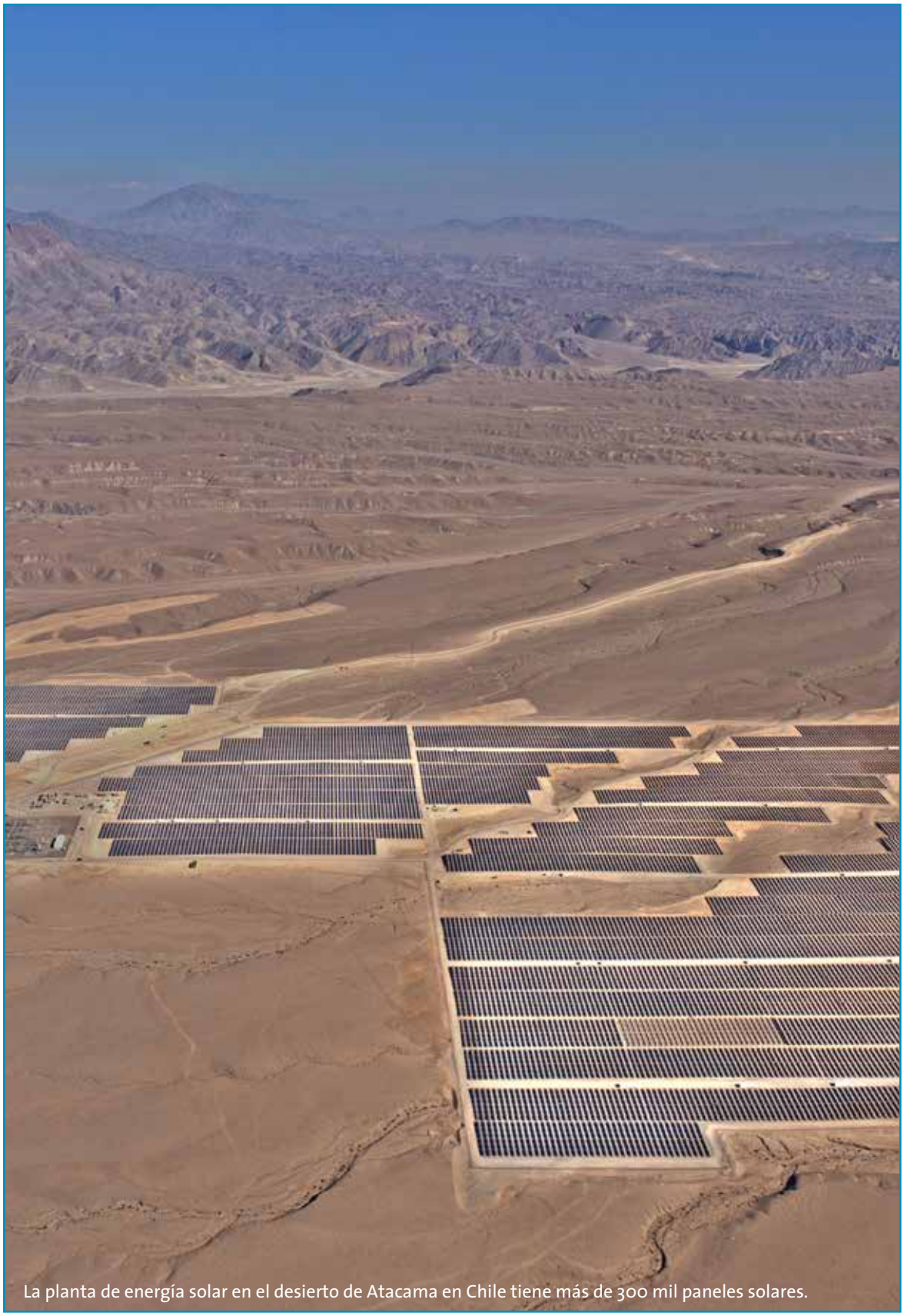
Esta realidad nos ha traído dos consecuencias significativas: la construcción de varias plantas de energía alimentadas por carbón, y una fuerte oposición pública en contra de ellas. No menos relevante es la oposición al uso de energía hidroeléctrica pues el uso de los ríos de la Patagonia, unos 2,000 km al sur de la ciudad de Santiago, quedan unos 4,000 km de distancia de la industria minera, el mayor consumidor de energía en el país. El uso de los ríos de la Patagonia para abastecer la energía hidroeléctrica requiere la construcción de ductos de larga extensión, los cuales provocan problemas ambientales y la oposición de parte de los ambientalistas.

Por el lado positivo, Máximo Pacheco Matte fue nombrado Ministro de Energía en 2014, ha sido Director Ejecutivo de empresas grandes en Chile y en el extranjero. Máximo Pacheco ha lanzado lo que parecen ser esfuerzos prometedores en cuanto el desarrollo de una política de energía basada en el apoyo público y en el de las empresas grandes, las cuales ocupan enormes cantidades de energía. También ha hablado de su interés en mejorar la eficiencia del consumidor. Hay optimismo de parte de algunos que se logre algún nivel de progreso en el corto plazo.

Otro acontecimiento positive fue la inauguración en 2014 de la planta de energía solar en el desierto de Atacama, ocupando alrededor de 283 hectáreas, con 310,000 paneles solares capaces de generar hasta 100 MW. La producción de energía de esta planta suministrará 10% de la meta de 1,000 MW de energía no-convencional renovable por 2018, dejando otros 6 GW para satisfacer la demanda.



1. Miguel Kiwi Obtuvo su título de Ingeniero Mecánico de la Universidad Técnica de Valparaíso, Chile, y es Doctor en Física por la Universidad de Virginia, EE.UU. El Dr. Kiwi es catedrático de la Pontificia Universidad Católica de Chile, y de la Universidad de Chile. Ha escrito más de 120 artículos ISI sobre la física de la materia condensada (principalmente la superconductividad, el magnetismo y la nanociencia). El Dr. Kiwi es miembro de la Sociedad Americana de Física, entre otros reconocimientos.



La planta de energía solar en el desierto de Atacama en Chile tiene más de 300 mil paneles solares.

Box
Situación actual y perspectivas de la energía en México

Jorge M. Islas Samperio[1] | México

México –cuyo nombre oficial es Estados Unidos Mexicanos– tenía, en el año 2014, poco más de 119 millones de habitantes (CONAPO, 2015) y es la 14ª economía a nivel mundial con un PIB de $924,440 millones de dólares de 2007 (INEGI, 2015a). Este país se encuentra ubicado en el hemisferio norte, considerando el ecuador, y en el hemisferio occidental, considerando el Meridiano de Greenwich. Colinda al norte con Estados Unidos de América (EUA), al sur con Guatemala y Belice, al oriente con el Golfo de México y el Mar Caribe y al poniente con el Océano Pacífico y el Golfo de California; tiene un territorio total de 1,964,375 km² de superficie, de los cuales 1,959,248 km² son de superficie continental y 5,127 km² de superficie insular, y cuenta con 3,149,920 km² de la Zona Económica Exclusiva de mar patrimonial (INEGI, 2013), ocupando el sitio 14 a nivel mundial. En cuanto a su clima, México presenta un gran variedad: áridos en el norte del territorio, cálidos húmedos y subhúmedos en el sur y sureste y climas fríos o templados en las regiones geográficas montañosas (INEGI, 2015b).

1. Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México, Privada Xochicalco S/N, Colonia Centro, 62580 Temixco, Morelos.

Situación Actual

En México, como puede verse en la Figura 1, la oferta interna de energía primaria (OIEP) está dominada por la utilización de combustibles fósiles (88.7%), principalmente de hidrocarburos (81%). Por su parte, las energías renovables alcanzan menos de 10% de esta oferta, siendo los de mayor proporción (5.4%) los biocombustibles –sobre todo la biomasa tradicional, leña y bagazo– y en mucho menor medida el biogás de reciente uso; enseguida está la hidroenergía que representa 2.1% de la oferta y, finalmente, las otras renovables que sólo alcanzan 2.4% y que están constituidas principalmente por geotermia y marginalmente por energía eólica y solar. Un resumen de la situación de cada fuente energética se presenta a continuación comenzando por los recursos fósiles.

Petróleo: las reservas totales actuales en México ascienden a 37,405 millones de barriles de petróleo crudo equivalente (mmbpce) de las cuales 34.8% (13,017 mmbpce) corresponde a reservas probadas, 26.6% (9,966 mmbpce) a reservas probables y 38.6% (14,421 mmbpce) a reservas posibles (PEMEX, 2015). Al nivel de la producción actual, 3,538 barriles de petróleo crudo equivalente diarios (mbpced), la relación de reservas probadas/producción es baja: de apenas 10.1 años (PEMEX, 2015). Cabe señalar que casi la mitad de la producción de petróleo en México se exportó en 2014 (SENER, 2015a) principal-

mente a EUA. Cabe también resaltar que, a pesar de la importante producción de petróleo, este país llega a importar 30% de los productos petrolíferos que consume, principalmente gasolina utilizada en el sector transporte, cuyo consumo ha aumentado drásticamente en los últimos años.

Gas natural: Este energético ha tenido un incremento acelerado en su consumo a nivel nacional en México; sin embargo, las reservas totales actuales de este energético ascienden a 43,713 miles de millones de pies cúbicos (mmmpc), de los cuales 26% (11,447 mmmpc) son reservas probadas, que al ritmo de producción actual de 6,532 miles de pies cúbicos diarios alcanzarían para apenas 4.8 años, en tanto que las reservas probables representan 28% (12,358 mmmpc), y las reservas posibles son el restante 46% (19,907) (PEMEX, 2015).

Carbón: México no tiene grandes reservas de carbón, ya que cuenta con 1,211 millones de toneladas (Mt) de las cuales 860 Mt son principalmente de carbón bituminoso, y 351 Mt de carbón subituminoso en su mayor parte (BP, 2015). En 2014 se produjeron 15.2 Mt y a ese ritmo de producción las reservas/producción son altas: de 87 años. De la producción nacional cerca de 83% se destina a la generación eléctrica y el resto a la producción de coque de carbón utilizado principalmente en la industria siderúrgica (Wallace, 2007). Sin embargo, en 2014, dado que se ha incrementado el uso de carbón en la generación eléctrica y a la relativa baja producción de aquél en México, se importó cerca de 40% utilizado a nivel nacional.

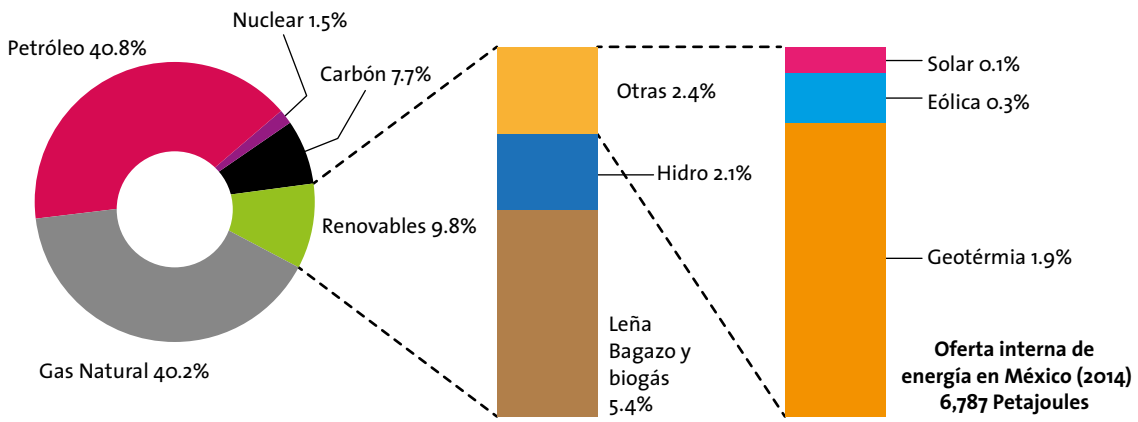
Tabla 1. Capacidad de centrales a base de ER en 2010 y el potencial nacional en México

Tecnología de generación	Total (MW)	Potencial nacional (MW)
Hidroeléctrica > 30 MW	11,126	49,750-52,600
Hidroeléctrica < 30 MW	344	
Geotérmicas	965	9,686-13,110
Centrales eólicas	425	44,350-70,00
Biomasa	229*	9,183-13,472
Biogás	149	898-1,404
Solar	3.5	650,000 GWh
Total	13,241	

Fuente: Islas *et al.* (2015)

Renovables: la diversidad de climas existente en México hace que tenga un potencial importante en cuanto a recursos renovables (véase Tabla 1), sin embargo, a pesar de tener este nivel de recursos renovables, la participación de estas fuentes es todavía escasa en el consumo interno de energía primaria a nivel nacional (véase la Figura 1). En el caso de la generación eléctrica, el uso

Figura 1. Oferta interna de energía primaria en México en 2014 por tipo de fuente



Fuente: Elaboración propia con base en la SENER (2015a).

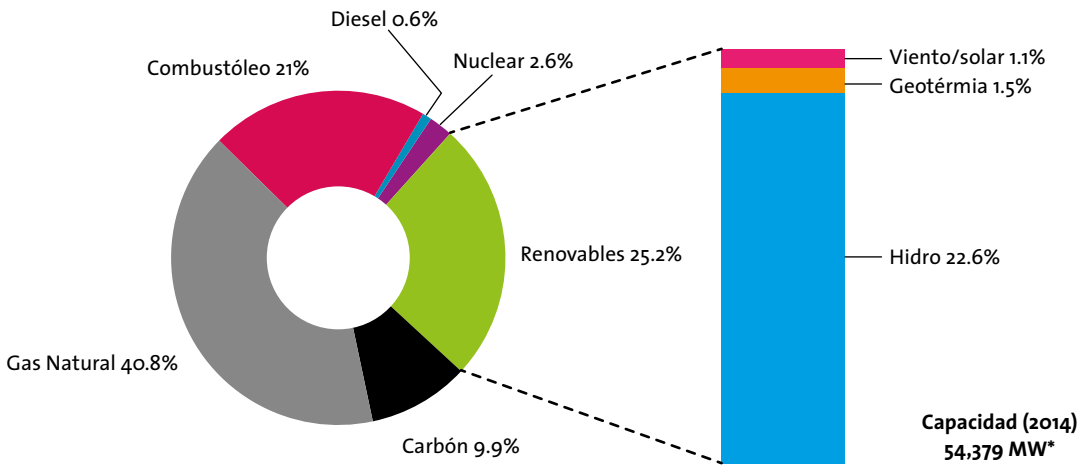
de estas fuentes de energía es más importante ya que representa 25.1% de la capacidad eléctrica actual debido especialmente a una importante capacidad instalada de hidroelectricidad como puede verse en la Figura 2.

En un contexto de diversificar la matriz energética dados los problemas de la baja de las reservas de hidrocarburos y del cambio climático, desde 2008 se ha generado un marco legislativo para la promoción y uso de las energías renovables (ER) y bioenergéticos. En este sentido, en 2008 se promulgó la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (DOF, 2008a), la cual obliga a la Secretaría de Energía a establecer el Programa de Introducción de Bioenergéticos. En efecto, desde 2012 se establecieron algunos programas de introducción de alcohol anhidro como oxigenante de gasolinas; sin embargo, no se lograron concretar porque las licitaciones se declararon desiertas. Actualmente se puso en marcha un Programa de Prueba de Concepto para promover el uso de etanol anhidro al 5.8% (E6) a pequeña escala regional; se emitieron licitaciones en 2014 para 8 terminales de reparto en los estados de San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz. Esta prueba está asociada a la pretensión de producir e introducir etanol durante los próximos10 años (SENER, 2015b).

En cuanto a la legislación para ER, en 2008 también se promulgó la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) (DOF, 2008b) en donde se establecía una meta de máxima participación de combustibles fósiles en la generación eléctrica de 65% en el año 2024, de 60% en 2030 y de 50% en 2050. Adicionalmente, esta Ley mandataba a la SENER a establecer el Programa Especial de Aprovechamiento de Energías Renovables (PEAER 2014-2018) que estableció para 2018 la meta de capacidad de generación de electricidad con ER y energías limpias de 36.8%. En 2012, se decretó la Ley General de Cambio Climático (LGCC) (DOF, 2012) que establece como metas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de 30% hacia el año 2020 respecto a una línea base, y de 50% con respecto a las emisiones del año 2000. De manera adicional, México hace poco tiempo estableció en la COP21 una meta no condicionada de reducir sus emisiones en un 22% hacia el año 2030 y condicionada de 36% para ese año en el marco de los Intended Nationally Determined Contributions (INDCs) (Gobierno de la República, 2015).

Recientemente se promulgó la Ley de Transición Energética (LTE) (DOF, 2015a) que deroga la LAERFTE, pero que retoma la meta para 2024 de 35% de participación mínima de energías limpias (EL) en la generación eléctrica, como son las ER y otras consideradas limpias. Sin embargo, ya no retoma las metas de largo plazo de 2030 y 2050 que contenía la ya abrogada LAERFTE. En su lugar, se establecen metas de corto plazo, a saber, una participación mínima de energías limpias de 25% para el año 2018 y de 30% para el año 2021.

Figura 2. Participación por fuente de la capacidad instalada en México en 2014



*Excluye la capacidad de autogeneración, importación y exportación. Fuente: Elaboración propia con base en SENER, 2015a.

Planta de energía eólica en La Ventosa, Oaxaca.

Planta hidroeléctrica de Sanalona, Sinaloa.

Planta de biogas El Ahogado, Jalisco.

Planta hidroeléctrica de Chicoasén, Chiapas.

Perspectivas

Existe en México un nuevo contexto institucional derivado de la reforma del sector energético de finales del año 2013 y que concluyó a finales de diciembre del año 2015 con la promulgación de la LTE. Los cambios institucionales planteados crean una nueva arquitectura de la organización del sector energético mexicano en la que el modelo de monopolio público, con apertura limitada a la inversión privada, se sustituye por un modelo de apertura generalizada en prácticamente todos los segmentos del sector energético (Islas *et al.*, 2015). Considerando este nuevo marco institucional, los nuevos dispositivos que se adicionan para promover a las energías limpias, tales como las energías renovables y otras consideradas limpias, son:

1. La creación de un mercado de certificados de energías limpias (CEL) que permitirán que las ER y otras tecnologías como la cogeneración eficiente compitan entre sí para cumplir las metas a menor costo de acuerdo con la promulgación de la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) (DOF, 2014b).
2. El establecimiento de convocatorias de subastas de largo plazo para ofertas de potencia y energía y CEL para dar cumplimento a los objetivos en términos de energías limpias del Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) que mandata la LIE.
3. La creación del Fondo de Servicio Universal Eléctrico por mandato de la LIE, cuyo objetivo es dotar de energía eléctrica limpia a comunidades de zonas rurales y urbanas marginadas al menor costo. Dicho fondo estará integrado por recursos provenientes de los excedentes de los ingresos de la gestión de pérdidas técnicas del Mercado Eléctrico Mayorista y por donativos de terceros.
4. La modificación a la Ley del Impuesto Sobre la Renta (LISR) (DOF, 2015b) en su Artículo 77-A, donde se permite –a empresas dedicadas exclusivamente a producir energía con ER y cogeneración eficiente– acceder a dividendos sin pago de impuestos, excepto la retención de 10% como pago definitivo del ISR.

5. La incorporación de externalidades negativas a los costos asociados a la operación y expansión de la industria eléctrica, una vez establecida la metodología de cálculo por la SENER de acuerdo a la LTE, que privilegiará en el despacho eléctrico a la generación eléctrica con menores externalidades negativas.

Por otro lado, la Prospectiva de Energías Renovables 2015-2029 (SENER, 2015b), la cual se publicó a finales del año 2015 y que será la última prospectiva de ER mandatada por la LAERFTE que fue, como ya se mencionó, abrogada por la nueva LTE, manifiesta, sin embargo, la perspectiva oficial más reciente sobre el desarrollo de las ER en México. Para el periodo 2015-2029 este documento de planeación considera una adición de 20,950 MW a base de ER hacia el año 2029, de los cuales 57.3% (11,952 MW) son centrales eólicas, 26% (5,450 MW) centrales hidroeléctricas, 8.7% (1,822 MW) centrales solares (principalmente fotovoltaicas), 7.8% (1,618 MW) centrales geotérmicas y el restante 0.5% centrales a base de biomasa (108 MW).

De este total, y en cuanto a generación distribuida con ER se refiere, el PEAER 2014-2028 –el último programa enfocado específicamente a ER realizado por mandato de la LAERFTE, que manifiesta, de manera similar, la perspectiva oficial más reciente sobre el desarrollo de las ER en México– considera de forma indicativa que hacia 2028 pueden alcanzarse hasta 2,233 MW de generación distribuida con ER de los cuales 1,273 MW serían de energía solar fotovoltaica, 402 MW de bioenergía, 395 MW de energía eólica, 150 MW de hidroeléctricas menores a 30 MW, 57 MW de energía geotérmica, y finalmente, 1.1 MW de concentración solar de potencia.

Finalmente, un estudio publicado recientemente y que contó con la participación de investigadores del Instituto de Energías Renovables de la UNAM (Islas *et al.*, 2015), se plantea un escenario de transición hacia un sistema energético mexicano bajo en carbono considerando el uso a gran escala de energías renovables y medidas de ahorro y uso eficiente de energía, haciendo la evaluación técnica, económica y de reducción de gases de efecto invernadero por sector de demanda, a saber, residencial, comercial, público, transporte, industrial y los sectores de transformación de hidrocarburos y el eléctrico.

De los resultados más relevantes de dicho estudio, se habla de una reducción acumulada de 6,517 millones de toneladas de CO_2 hacia el año 2035. El escenario alternativo, basado en el uso a gran escala de energías renovables y medidas de ahorro y uso eficiente de energía, logra cumplir con las metas establecidas en la LGCC de reducir 30% las emisiones de CO_2 hacia el año 2020. Para el año 2030 este escenario reduce 52% las emisiones de CO_2, lo cual es superior 34% a las metas no condicionadas de los INDC recientemente propuestos por México e inclusive es superior en 22% a las contribuciones condicionadas de los INDC referidos. Finalmente, también se alcanzaría 55% de generación en 2024 con ER lo cual supera la meta de energías limpias de la LTE en un 20%. Dados estos datos, el estudio muestra que las expectativas de desarrollo de energías renovables son mucho más amplias que las que se han establecido hasta ahora en los documentos oficiales de planeación del sector energético mexicano.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo técnico otorgado por la Dra. Genice K. Grande Acosta, académica del Instituto de Energías Renovables de la UNAM, en la búsqueda de datos y realización de gráficos que fueron de gran utilidad para desarrollar este documento.

Referencias

BP, British Petroleum (2015). Statistical Review of World Energy 2015. [En línea] Disponible en: http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html [Consultado el 15 de enero de 2015].

CONAPO, Consejo Nacional de Población (2015). México en cifras. Proyecciones de la población 2010-2050. México. [en línea] Disponible en: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones [Consultado el 12 enero de 2016].

DOF, Diario Oficial de la Federación (2008a). Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos. Publicado el 1º. de febrero de 2008. HCU, México [pdf] Disponible en: http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPDB.pdf [Consultado el 21 de diciembre de 2015].

DOF, Diario Oficial de la Federación (2008b). Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. Publicado el 28 de noviembre de 2008. HCU, México [pdf] Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAERFTE.pdf [Consultado el 22 de diciembre de 2015].

DOF, Diario Oficial de la Federación (2012). Ley General de Cambio Climático. Publicado el 6 de junio de 2012. HCU, México. [pdf] Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_130515.pdf [Consultado el 10 de enero de 2016].

DOF, Diario Oficial de la Federación (2014a). Programa Especial del Aprovechamiento de Energías Renovables 2014-2028. Publicado el 28 de abril de 2014. HCU, México. [En línea] Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342501&fecha=28/04/2014 [Consultado el 10 de enero de 2016].

DOF, Diario Oficial de la Federación (2014b). Decreto por el que se expiden la Ley de la Industria Eléctrica, la Ley de Energía Geotérmica y se adicionan y reforman diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales. Publicado el 11 de agosto de 2014. HCU, México. [En línea] Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014 [Consultado el 15 de enero de 2015].

DOF, Diario Oficial de la Federación (2015a). Ley de Transición Energética. Publicado el 24 de diciembre de 2015. HCU, México. [En línea] Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5421295&fecha=24/12/2015 [Consultado el 10 de enero de 2016].

DOF, Diario Oficial de la Federación (2015b). Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley del Impuesto sobre la Renta, de la Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios, del Código Fiscal de la Federación y de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria. Publicado el 18 de noviembre de 2015. HCU, México. [En línea] Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5415878&fecha=18/11/2015 [Consultado el 15 de enero de 2016].

Gobierno de la República, México, 2015. Compromisos de mitigación y adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030. SEMARNAT, Gobierno de la República. [pdf] Disponible en: http://www.inecc.gob.mx/descargas/difusion/2015_mex_indc_presentacion.pdf [Consultado el 22 de diciembre de 2015].

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2013). Conociendo a México. 3ª. Ed. INEGI, México. 92 pp.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2015a). Banco de Información Económica. México. [En línea] Disponible en: http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/ [Consultado el 12 de enero de 2016].

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2015b). Recursos Naturales. Climatología. México. [En línea] Disponible en: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/clima/default.aspx [Consultado el 14 de enero de 2016]. INEGI, 2015.

Islas, J., Manzini, F., Macías, P., Grande, G. (2015). Hacia un Sistema Energético Mexicano Bajo en Carbono. 1ª. Ed. México. 224 pp.

PEMEX, Petróleos Mexicanos (2015). Memoria de Labores 2014. PEMEX, México. [pdf] Disponible en: http://www.pemex.com/acerca/informes_publicaciones/Documents/memorias/completas/Memoria_de_Labores_2014.pdf [Consultado el 15 de enero de 2016].

SENER, Secretaría de Energía (2015a). Balance Nacional de Energía 2014. SENER, México. [pdf] Disponible en: http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44353/Balance_Nacional_de_Energ_a_2014.pdf [Consultado el 8 de enero de 2016].

SENER, Secretaría de Energía (2015b). Prospectiva de Energías Renovables 2015-2029. SENER, México. [pdf] Disponible en: http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44324/Prospectiva_Energ_as_Renovables_2015_-_2029_VF_22.12.15.pdf [Consultado el 14 de enero de 2016].

Wallace, R.B. (2007). El carbón en México. Rev. Economía Informa (259), pp. 138-160.

Box
Investigación y desarrollo en el sector energético argentino

Miguel Laborde y Roberto Williams[1] | Argentina

Las actividades principales de investigación y desarrollo en el sector energético siguen los planes estratégicos definidos por las siguientes instituciones: a) Ministerio de Ciencia,Tecnología e Innovación (MINCyT), b) Secretaría de Energía, c) Y-TEC: asociación entre YPF (51%) y el Consejo Nacional de Investigación (CONICET, 49 %), d) Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). A continuación se describen únicamente los programas de energía vinculados a aquéllos definidos por IANAS.

1. Roberto JJ Williams tiene un Doctorado en Química con Especialización en Tecnología Química (Universidad Nacional de La Plata). Es Profesor Titular de la Universidad Nacional de Mar del Plata e Investigador Senior del CONICET en el Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA). El Dr. JJ Williams también es experto en materiales poliméricos (más de 220 publicaciones y 2 libros). Es Miembro de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y también Miembro Honorario de la Academia de Ingeniería. Ha recibido diversas distinciones como el Premio Konex de Platino (1993), el Premio Bunge y Born (2007), el Premio Bernardo Houssay a la Trayectoria (2011) y la Distinción Investigador de la Nación (2011).

Miguel Ángel Laborde tiene un Doctorado en Química con Especialización en Tecnología Química (Universidad Nacional de La Plata), es Profesor Titular de la Universidad de Buenos Aires e Investigador Principal del Instituto de Tecnologías del Hidrógeno y Energía Sostenible. El Dr. Laborde es experto en energías renovables, en especial la producción y purificación de hidrógeno. (80 publicaciones y 5 libros). Es Miembro Titular de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y actualmente se desempeña como Vicepresidente de Asuntos Tecnológicos del CONICET. Recibió el Premio Interciencia-HydroQuebec en la categoría de Energía y el Premio Concurso Embajadores del Hidrógeno. Feria de Hannover, Alemania.

1. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MINCYT)

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Argentina lanzó un plan nacional para el sector que abarca hasta 2020. Se identificaron las siguientes áreas estratégicas:

1. Energía solar

El uso de energía solar para calentar fluidos en los siguientes rangos térmicos: bajo (60 – 100 °C), medio (100-150 °C) y alto (150-350 °C). La disponibilidad de fluidos calentados hasta los rangos bajos o medios permitiría la sustitución de gas natural en los sectores comerciales y las zonas residenciales. Se están llevando a cabo los siguientes proyectos específicos:

- Evaluación nacional de la energía solar: diseño e implementación de un sistema de evaluación argentino de la radiación solar con estaciones interconectadas en tiempo real a lo largo del país.
- Desarrollo y construcción de un prototipo de planta termoeléctrica (con tecnología Dish-Stirling) conectada a la red del Sistema argentino de interconexión (SADI). Este proyecto está ubicado en la provincia de Catamarca (parque solar termoeléctrico de Intihuasi).

2. Nuevas fuentes de energía

El objetivo es desarrollar procesos para producir biocombustibles o biogás de segunda generación mediante cultivos que no sean útiles para la alimentación humana o a base de subproductos o desperdicios industriales. Se están desarrollando los siguientes proyectos específicos:

- Inauguración de una planta que genera electricidad y calor a partir de biomasa junto con una etapa de purificación del biogás producido en el proceso y desarrollo de una planta de energía de 10 MW a partir de biomasa forestal (siembra de "Salicaceae").
- Instalación de una planta de biodiésel multipropósito capaz de generar productos de alto valor agregado a partir de forraje de girasol.

3. Generación de energía distribuida (redes inteligentes)

Se definieron los siguientes proyectos específicos:

- Desarrollo de redes inteligentes para la transmisión y distribución de electricidad con interconexión con fuentes de energía renovables.
- Mejorar la eficiencia de las redes eléctricas existentes.

4. Uso racional de la energía

Desarrollo de sistemas, equipo y materiales que permitan la reducción del consumo de energía en edificios y procesos industriales.

2. Secretaría de Energía

Dos leyes recientes promueven el uso de biocombustibles (No. 26093) e hidrógeno (No. 26123), con el Departamento de Energía a cargo de su aplicación. Mientras que los biodiéseles ya están en el mercado, el hidrógeno no lo está. El Departamento de Energía publicó recientemente el Plan Nacional del Hidrógeno, que fue escrito y revisado por expertos nacionales y fue estructurado alrededor del Fondo de Promoción del Hidrógeno (FONHIDRO). Los programas de investigación y desarrollo basados en el trabajo de alrededor de 200 investigadores y alumnos de doctorado deberían permitir la inserción del hidrógeno en el mercado (incluidas las células de combustible PEM y SOF) dentro de un periodo de 20 años. La industria argentina también tiene una amplia experiencia en el uso del hidrógeno como materia prima para los petroquímicos (amoniaco y metanol) así como para las industrias de petróleo, acero y vidrio.

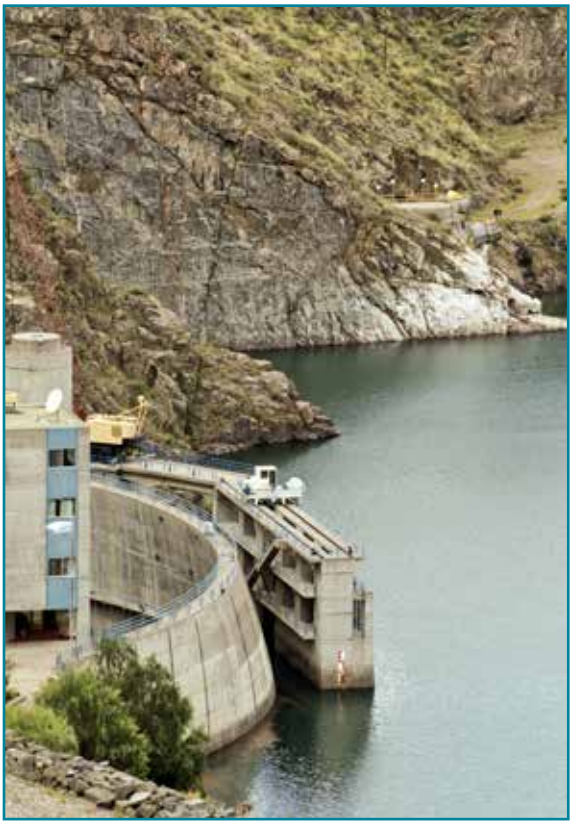
3. Y-TEC

Y-TEC ha creado un Departamento de Energía Renovable que está implementando los proyectos siguientes:

- Almacenamiento de energía eléctrica a pequeña escala (kW) por medio del desarrollo de baterías de litio, incluida la extracción y purificación del litio a partir de sales de litio (con gran disponibilidad en Argentina).
- Almacenamiento de energía eléctrica a gran escala (MW) por medio del desarrollo de baterías de flujo de energía. Estas son baterías recargables en las que el electrólito fluye a través de la celda electroquímica y convierte la energía química en electricidad.
- Producción de hidrógeno a partir de agua: a) mediante pulsos eléctricos modulados (PWM) y b) mediante el uso de fotocatalizadores y energía solar.
- Y-Tec también está desarrollando proyectos para el uso de la energía geotérmica y marina.

4. Comisión Nacional de Energía Atómica

La Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) se enfoca principalmente en la energía nuclear pero tiene actividades de investigación y desarrollo sobre paneles fotovoltaicos, celdas de combustible (PEM) y almacenamiento y purificación de hidrógeno.



Estación hidroeléctrica de Los Reyunos en Mendoza, Argentina.

Box

El aprovechamiento de las fuentes renovables de energía en Cuba para el mejoramiento de la calidad de vida en zonas rurales de difícil acceso

Luís Berriz[1] | Cuba

La organización no gubernamental sin fines de lucro CUBASOLAR se creó en noviembre de 1994, y agrupa en la actualidad a más de 800 miembros organizados en delegaciones provinciales en todo el país. Tiene como objetivo promover el uso de las fuentes renovables de energía en sustitución de las fuentes no renovables y contaminantes, el ahorro, la eficiencia energética y el respeto ambiental, haciendo énfasis en la labor educativa. Propicia la realización de eventos, seminarios y otras tareas más de superación, tanto para profesionales como para no profesionales, en coordinación con la Universidad Técnica de Energías Renovables (UTER). CUBASOLAR también realiza un esfuerzo especial en el desarrollo de las universidades de montaña y en el aprovechamiento de su potencial científico para diseminar los conocimientos apropiados a todas las regiones del país, por intrincadas que estas sean.

Otra de sus principales tareas es introducir el uso y conocimiento sobre las fuentes renovables de energía en todas sus manifestaciones en la enseñanza media del sistema nacional de educación con fines formativos, con la participación de alumnos y profesores, haciendo especial énfasis en los Institutos Pedagógicos, los Institutos Preuniversitarios de Ciencias Exactas, así como en los Institutos tecnológicos y politécnicos.

Especial atención se presta a la publicación de libros y otros materiales que contribuyen a la promoción del uso de las fuentes renovables de energía, así como de libros especializados de interés.

El desarrollo social de Cuba después del triunfo de la revolución ha llevado a una electrificación casi total del país, superando el 96% a escala nacional. No obstante, todavía hay zonas rurales, principalmente de difícil acceso en las sierras y montañas, que no tienen electricidad. Los planes de desarrollo han contemplado la creación de escuelas, consultorios médicos y círculos sociales inclusive en los lugares más apartados y muy alejados de la red eléctrica nacional.

La realización de proyectos demostrativos que aporten soluciones energéticas con impactos positivos en la mejora de la calidad de vida de las personas, el medio ambiente y el desarrollo sostenible local o territorial ha sido una de las esferas de trabajo de CUBASOLAR en la que se muestran resultados que contribuyen a la formación de una conciencia energética en los diferentes sectores de la sociedad cubana vinculados a los programas y estrategias de desarrollo nacional y territorial. A continuación se relacionan varias de las acciones más significativas realizadas:

- Se ha ejecutado el Programa de Electrificación Solar Fotovoltaica a los consultorios del médico de la familia, ubicados en zonas montañosas de difícil acceso. Este proyecto provee al consultorio y a la vivienda los servicios de iluminación, refrigeración, televisión, radio-grabadora, equipos electromédicos y radio-comunicación. Hasta la fecha se han electrificado 491 casas consultorios.
- Se colaboró con la formación de brigadas para la electrificación de 2 364 escuelas rurales en el marco del Programa Audiovisual financiado por el Estado cubano con 4728 instalaciones para la iluminación, televisión, video y el uso de computadoras.
- Se han electrificado 4 internados escolares de montaña con sistemas fotovoltaicos.
- Dentro del Programa Audiovisual, se apoyó también la electrificación de 1864 salas de televisión y video con paneles solares para el disfrute de la población rural en zonas remotas y de difícil acceso.
- Han sido electrificados con energía solar 93 círculos sociales de montaña.

1. Luís Bérriz es Profesor en el Centro de Estudios de Tecnologías de Energía Renovable. Vicepresidente de la Asociación Mundial de Energía Eólica, (WWEA, por sus siglas en inglés) y Miembro del Consejo Administrativo de la Asociación de Energía Eólica de América Latina y de la Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía (CUBASOLAR).

Una hogar en Cuba con acceso a electricidad por medio de un panel solar.

- Se han electrificado, además, diversos objetivos sociales y económicos en zonas de difícil acceso a donde no llega el Sistema Eléctrico Nacional, principalmente, los hospitales de montaña. (Foto 8)
- En 1999 se terminó el Parque eólico demostrativo de la Isla de Turiguanó, con dos aerogeneradores de 225 kW de potencia cada uno (total: 450 kW). Esta instalación está interconectada al Sistema Electroenergético Nacional desde hace 16 años y sirve como Centro de Capacitación en Energía Eólica.
- Se ha atendido con prioridad, la instalación o rehabilitación de mini, micro y pequeñas centrales hidroeléctricas, en función de aportar a la generación de electricidad y al suministro de agua por gravedad con sus consecuentes resultados positivos en la producción de alimentos y en el bienestar social. También pueden mencionarse, como ejemplo, la reconstrucción de la hidroeléctrica del Guaso, en Guantánamo.
- Construcción e instalación de 1 093 cocinas eficientes y 201 hornos con la utilización de biomasa para las escuelas del país.
- Se ha concedido especial atención al programa de abastecimiento de agua potable en comunidades apartadas y de difícil acceso, mediante sistemas solares fotovoltaicos, contando ya con 27 bombas solares instaladas en lugares de difícil acceso.
- Se estableció un Programa Nacional para la electrificación fotovoltaica de las viviendas de campesinos de zonas aisladas, en cumplimiento de las directivas de nuestra Revolución de electrificar la totalidad de las casas cubanas, independientemente de donde estén situadas. Hasta este momento se han electrificado más de 500 casas de campesinos.
- Especial interés se ha dado a los proyectos de solarización territorial, concebidos como el desarrollo integral de un territorio o municipio, basados en una energética solar. Entendiéndose ésta como la energética que tiene como fundamentos el uso de las fuentes renovables de energía, la eficiencia energética y el ahorro de energía y recursos, en armonía con la naturaleza, y por lo tanto abarca el aprovechamiento de la energía eólica o del viento, la hidráulica o del agua, la bioquímica o de la biomasa, la solar térmica, la solar fotovoltaica, la solar fotoquímica, la marina o de los mares y océanos, y la lumínica o de la luz.
- Construcción de más de 100 digestores de biogás en escuelas, casas de campesinos(as), instalaciones turísticas y principalmente en fábricas y aquellos lugares capaces de producir alta contaminación.

A partir de estos ejemplos resulta evidente que CUBASOLAR ha resultado el principal gestor en el país de la energización rural en zonas de difícil acceso mediante proyectos demostrativos y emprendimientos de desarrollo local en los que tanto la participación empresarial, como la estatal y comunitaria han hecho confluir intereses hacia el mejoramiento de la calidad de vida de las zonas más intrincadas del país. Por más de veinte años CUBASOLAR ha sido la vanguardia de un movimiento ambientalista basado en la eficiencia energética y el respeto ambiental. Ello le valió ser escogida entre los Global 500 que ha reconocido el PNUMA como entidades líderes a escala mundial en los esfuerzos por alcanzar un desarrollo sostenible.

Capítulo 4

Mujeres, energía y agua

los efectos del género y la cultura en los roles y responsabilidades de las mujeres

Katherine Vammen | Nicaragua
Frances Henry | Canadá
Nicole Bernex | Perú
Patricia L. Serrano-Taboada | Bolivia
Mario Jiménez | Nicaragua
Gustavo Sequiera | Nicaragua
Tomás Bazán | Panamá

Resumen

Este capítulo sobre las mujeres, la energía y el agua se centra en las mujeres y su capacidad de acceder, usar y regular los recursos de agua y energía.

También explica cómo el agua y la energía son dos recursos que están interrelacionaos y que deben gestionarse a partir de sinergias que contribuyan a la consecución de un futuro energético sostenible y al manejo de las cuencas.

El papel fundamental de la gestión ambiental se observa en los estudios de casos realizados en países en desarrollo de América Latina y se ha puesto especial atención al papel de la mujer rural en la producción y el uso de la energía.

Se han revisado los aspectos relacionados con la salud por el uso incorrecto de las fuentes de energía como lo son el carbón vegetal y la leña para cocinar, a escala mundial. Esto da lugar a un amplio análisis sobre la forma en que la disponibilidad de la energía representa una de las principales limitaciones en el desarrollo social y económico y en la importancia de la participación de la mujer en la futura gestión y planeación para mejorar la planificación energética.

1. Introducción

Este capítulo aborda la relación del género femenino y su capacidad de acceso, uso y control de los recursos de agua y energía disponibles en sus países. Se hará hincapié, por supuesto, en los países de América pero especialmente en Centro y Sudamérica, incluyendo el Caribe. Esperamos demostrar que las mujeres, particularmente aquellas en países en desarrollo y quienes pertenecen a poblaciones "desatendidas" en cuanto a energía y agua se refiere, son –en muchos casos– los principales usuarios de estos recursos, incluso cuando tienen poco control sobre su mantenimiento o desarrollo. También se demostrará que las pesadas cargas impuestas a las mujeres para gestionar –y en algunos casos incluso localizar– estos recursos limitan severamente sus posibilidades para tener acceso a la educación y, por consiguiente, para mejorar sus vidas y la de sus familias. El informe consultivo "Mujeres para la ciencia" del Consejo Inter Académico (2006), que se está aplicando en el continente americano por el programa de IANAS Mujeres para la Ciencia, considera fundamental la participación y el empoderamiento de estas mujeres desatendidas en estos proyectos de desarrollo.

Actualmente, la mayoría del mundo globalizado se concentra en aumentar los suministros de energía provenientes del petróleo y gas, y gran parte de la geopolítica moderna se define dependiendo de dónde se encuentran esos recursos energéticos. Lo anterior se refleja en los estados y emiratos productores de petróleo del Oriente Medio, en líderes populistas de países como Venezuela y más recientemente en las incursiones militares rusas en la región productora de petróleo de Crimea. Incluso en Norteamérica, las batallas políticas sobre los oleoductos han influido en importantes tomas de decisiones. Por otra parte, grandes recursos financieros han sido empleados en la experimentación de fuentes alternativas de energía incluyendo la nuclear, la eólica, la solar y otras. Esta intensa concentración en mantener, encontrar y explotar recursos de energía tradicional y moderna en gran medida ignora el hecho de que muchos millones de personas, principalmente mujeres, viven en difíciles circunstancias fuera de la red eléctrica donde todavía antiguas fuentes de energía, como la madera y diversas formas de biomasa, se usan sobre todo para fines domésticos (Taboada-Serrano, 2011).

Con respecto al agua, de los más de 1.2 millones de personas pobres en el mundo que carecen del acceso a agua segura y confiable, dos terceras partes son mujeres. El desvío de agua para la industria, la agricultura y la generación de energía reduce la disponibilidad del agua para su uso doméstico, haciendo todavía más difícil el acceso al agua para la gente pobre. A nivel mundial, más de 2.6 millones de personas todavía carecen de inodoros u otras formas de servicios sanitarios mejorados y la carencia de agua a menudo conduce a problemas de salud que afectan principalmente a las mujeres. La falta de agua o de agua potable genera un amplio rango de enfermedades transmitidas a través del agua o relacionadas con ella y con la falta de higiene. En la mayoría de las culturas, las mujeres y los hombres tienen roles y responsabilidades diferentes en cuanto al uso y al manejo del agua. Las mujeres usan el agua para, consumo y uso doméstico, que incluye cocina, limpieza, salud e higiene y, si tienen acceso a una tierra, también para cultivar alimentos. En áreas rurales, las mujeres y las niñas caminan largas distancias para buscar agua, a veces pasan de 4 a 5 horas al día cargando pesados contenedores y esperando en las filas. La responsabilidad de ir a buscar agua (y leña) inhibe su acceso a la educación, a la generación de ingresos, a su participación cultural y política, así como al descanso y la recreación (UNCTAD, 2011; BOTH ENDS, 2006).

Mujeres lavando ropa en la orilla del lago Atitlán, Guatemala

Antes de presentar un análisis más detallado de las mujeres y su rol en el uso de la energía y el agua, este capítulo empezará con una breve discusión de la terminología y del importante papel de la cultura en la formación, e incluso determinación, de los roles de hombres y mujeres en las sociedades humanas.

Luego continuaremos con un análisis más exhaustivo de cómo los recursos de agua y energía afectan la vida de las mujeres.

- Empezaremos con una discusión sobre la relación o nexo entre agua y energía;
- Seguiremos con un estudio de caso sobre Perú y la región de los Andes;
- Un estudio de caso sobre programas innovadores para mujeres rurales y la producción de energía;
- Un estudio de caso específico sobre el efecto del uso de leña en la salud de las mujeres.
- Y, finalmente, "cómo y por qué" es de crucial importancia que las mujeres estén incluidas en las iniciativas de desarrollo y planeación emprendidas en muchas regiones del mundo;
- Una conclusión general.

a) Cultura y género

Hay muchas definiciones de 'cultura', pero una bastante completa dice que "cultura... es... el conjunto total de rasgos espirituales, materiales, intelectuales y emocionales distintivos que caracterizan a una sociedad o a un grupo social. Lo cual incluye no sólo arte y literatura, sino también modos de vida, derechos fundamentales del ser humano, sistemas de valores, tradiciones y creencias" (World Conference on Cultural Politics, 1982). 'Género', originalmente un término lingüístico para categorizar masculino, femenino y neutro, ha llegado a usarse por la antropología para referirse a los roles de hombres y mujeres en la sociedad. Aunque tradicionalmente se ha supuesto que los roles de hombres y mujeres eran natural, e incluso biológicamente, determinados por el sexo de cada uno, los estudios transculturales antropológicos establecieron que mientras el sexo, masculino o femenino,[1] es una condición natural de la especie humana, los roles de género varían según las diferentes sociedades humanas. Por lo tanto, los atributos de hombres y mujeres, los comportamientos y las relaciones apropiadas entre sí, su enfoque global de la vida y su forma de vivir están enormemente determinados por la historia cultural, así como por los patrones de la gran cantidad de sociedades que habitan este mundo. El *género* es una de las dimensiones más esenciales de la vida humana porque influye no sólo en la vida diaria de las familias sino también de la comunidad en general, y de hecho del amplio mundo del que formamos parte. El género es entonces un principio organizador fundamental de las sociedades que va mucho más allá de las diferencias biológicas entre hombres y mujeres.

b) Importancia de este tema

En la mayoría de las sociedades el trabajo de las mujeres y el trabajo de los hombres se diferencian según patrones y explicaciones culturales. Es decir el género es un factor importante que define los roles en el campo laboral tanto del hombre como de la mujer. Ésta última ejerciendo tradicionalmente un trabajo doméstico y reproductivo; estrechamente relacionado con su papel de madre y esposa. Sin embargo, el desarrollo y modernización de las sociedades han provocado cambios sobre todo en los roles laborales de la mujer suscitando así, transformaciones sociales y culturales. Considérese, por ejemplo, cómo es que los roles tradicionales de la mujer han cambiado desde las responsabilidades domésticas y agrícolas hacia el trabajo asalariado con el aumento de áreas industrializadas en el mundo. Su relación con la energía y el agua ha cambiado y, de hecho, en algunas áreas donde las mujeres realizan ambos tipos de tarea, sus necesidades han aumentado.

Con el fin de entender la relación entre energía, agua y los roles de la mujer en sociedades modernas y tradicionales, primero exploraremos la compleja relación entre energía y agua.

2. El vínculo entre energía y agua

a) Introducción

La energía y el agua están vinculadas en dos formas principales. El agua es empleada en la producción de la mayoría de tipos de energía, y la energía es necesaria para asegurar el abastecimiento y suminis-

1. Deseamos agradecer y reconocer el papel de las personas transexuales en algunos países hoy día. Para los propósitos de este capítulo, sin embargo, nos enfocamos en los roles masculino y femenino más tradicionales.

tro de agua, así como también en el tratamiento de aguas residuales. La disponibilidad de agua impacta la cantidad de energía suministrada y la generación de energía se ve afectada por la disponibilidad y la calidad del agua.

El uso del agua para la energía se ha convertido en un reto mundial. A medida que la economía mundial crece a un ritmo cada más acelerado, la demanda de agua aumentará y se acelerará más rápidamente que el crecimiento demográfico. En algunas partes del mundo, el agua es continuamente ofrecida a un precio inferior al real o simplemente extraída sin el pago correspondiente, así que hay constante desperdicio y un uso excesivo de los recursos, además, sin planes para mejorar su eficiencia. El agua subterránea se bombea sin considerar metas para su sustentabilidad. Esto obviamente afectará las necesidades de agua en el futuro, y también significará que no habrá agua suficiente para satisfacer todas las operaciones necesarias si se continúa actuando de la misma ineficiente manera. Siempre es importante recordar que, a diferencia de la energía, el agua no tiene sustitutos o formas alternativas para producir el recurso con la misma calidad. El agua es también un vínculo importante entre los seres humanos, su medio ambiente y la mayoría de los factores del sistema económico (World Economic Forum, 2011). La seguridad del agua ha sido y se está convirtiendo en muchos casos en el problema político central de conflictos regionales y mundiales. Con el aumento del cambio climático, los impactos de la sequía podrían ser más graves e incluso afectar la gestión del vínculo bilateral y de interdependencia entre energía y agua.

Los recursos hídricos y energéticos del mundo ya están demostrando tener ciertas fases en estado crítico debido al cambio estacional ocasionado por el cambio climático, y esto se incrementará considerablemente en la medida que la población y el consumo aumenten con la expansión de las economías. Con el fin de mantener un crecimiento económico próspero y una cada vez más rápida urbanización de la población mundial, es obvio que más recursos de energía y de agua serán imprescindibles para hacer frente a las crecientes necesidades.

Entre 1990 y 2000 la población mundial ha aumentado cuatro veces, pero la extracción de agua dulce creció nueve veces. Esto sin duda significa que para 2030, con una población mundial cada vez mayor, un consumo creciente y una economía acelerada, la extracción de agua se acelerará todavía más (World Economic Forum, 2011). Hay un pronóstico reciente que para 2030 sugiere un déficit mundial de 40% entre la demanda y la disponibilidad del agua, y "para 2050 prevé que más de 40% de la población del planeta vivirá en áreas de estrés hídrico severo" (UN World Water Development Report, 2014a). En la medida en que la demanda crezca, la competencia por el agua se agudizará entre los sectores económicos y, por supuesto, se producirán más conflictos entre áreas geográficas.

"El aumento de la presión sobre los recursos exige nuevos modelos de producción y consumo. Necesitamos entender mejor las relaciones entre agua y energía, porque las decisiones tomadas en un área impactan –positiva o negativamente– la otra." (Irina Bokova, Directora General de la UNESCO, en UN World Water Development Report, 2014).

Esta interdependencia también tiene una dimensión de la pobreza y del desarrollo en la cual el mundo en vías de desarrollo todavía presenta los mismos grupos de población con carencia o deficiencia en los servicios de agua/saneamiento y energía. Los retos son diferentes en países industrializados y en desarrollo. Las compensaciones en la gestión de diferentes opciones de sinergias de agua y energía necesitan ser analizadas e introducidas para poner bajo control los impactos negativos. "El agua y la energía tienen impactos cruciales en la mitigación de la pobreza tanto directamente, según una serie de Objetivos de Desarrollo del Milenio que dependen sobre todo de las mejoras en el acceso a agua, sanidad, electricidad y energía, como indirectamente, ya que el agua y la energía pueden ser restricciones vinculantes al crecimiento económico: la última esperanza para la reducción de la pobreza generalizada". (UN World Water Development Report, 2014a).

b) Agua para la energía

La producción de energía depende del agua para su operación y de acuerdo a la Agencia Internacional de Energía se prevé que para 2030 la economía mundial necesitará al menos de 40% más de energía que en la actualidad (World Economic Forum, 2011), por lo tanto la demanda de agua para la producción de energía se incrementará.

Se pronostica que la demanda de agua en la producción de energía aumentará tan severamente como el crecimiento de las economías en el período

del 2000 al 2030 (56% en América Latina, 63% en Asia Occidental, 65% en África y 78% en Asia) (World Economic Forum, 2011). Así que ¿cómo lograr este equilibrio cuando 70% del agua ya está destinada a la agricultura?

Hoy día, el consumo de agua para la producción de energía se ha estimado en 8% de la extracción mundial de agua dulce y hasta un 40% en algunos países desarrollados.

El uso del agua en la producción de energía pasa por tres fases operativas: 1) en la producción de materias primas usadas en la generación de energía, 2) en el proceso de transformación de materias primas en energía, y 3) en la distribución de energía para su consumo (U.S. Department of Energy, 2007).

En cuanto al **agua usada para producir gas natural y combustibles líquidos**, se presentan algunos ejemplos de su consumo para la producción y transformación de materias primas en energía:

1. En las **técnicas de recuperación mejorada de petróleo y arenas petrolíferas** se necesitan grandes cantidades de agua para la minería de materias primas. En el caso de las arenas petrolíferas, el vapor es empleado para separar el petróleo de la arcilla y de la arena que lo rodean, por lo cual se necesitan fuentes de agua de alta calidad para producir el vapor. En el caso de los recursos tradicionales de petróleo y gas, se utilizan mínimas cantidades de agua para producir materias primas, y el agua es producida junto con la liberación de petróleo y de gas. En el caso de las reservas de petróleo el agua es re-inyectada para reforzar la recuperación de petróleo. La incertidumbre persiste sobre los riesgos potenciales para la calidad del agua, la salud humana y la sostenibilidad medioambiental a largo plazo, y sobre el desarrollo de fuentes de gas y de petróleo no convencionales ("fracking" y "arenas bituminosas") (World Economic Forum, 2011). Resultados recientes de estudios paleolimnológicos del Laboratorio de Investigación y Evaluación Paleoecológica y Medioambiental de la Universidad de Queens en las áreas de extracción de arena de petróleo en Alberta (Canadá) en cinco lagos, han mostrado evidencia definitiva de impactos en la calidad del agua, observados en los núcleos de sedimentos lacustres, donde mayores concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos aparecen en correspondencia al tiempo de inicio de la extracción de arenas petrolíferas; esto en comparación con el control de los núcleos de los lagos en áreas que no han sido usadas para la extracción de arenas petrolíferas (Kurek *et al*., 2013).
2. La **refinación del petróleo** emplea grandes cantidades de agua para los procesos de enfriamiento, y adicionalmente contamina el agua con sustancias como petróleo, sólidos en suspensión, amoníaco, sulfuros y cromo, la cual en muchos casos es tratada en plantas de tratamiento de aguas residuales del lugar.
3. En la **producción de gas a través del "fracking"** se emplea el agua para fracturar las formaciones circundantes que liberan el gas hacia el pozo. Pero el agua necesaria para la transformación del gas para su consumo es mínima.
4. El uso intensivo del agua en la producción de materias primas para **biocombustibles** es, por supuesto, diferente dependiendo del cultivo y si el cultivo es de riego o no. Por ejemplo, el cultivo de granos y semillas oleaginosas requiere un uso del agua más intensivo que el petróleo. La caña de azúcar depende de si es de riego o no. Hay muchos problemas de contaminación del agua causados por la producción de biocombustibles debido a la aplicación de fertilizantes que llevan nutrientes a la superficie de los cuerpos de agua; estos nutrientes provocan la eutrofización del agua, y con ello se induce a la proliferación de algas y a condiciones anóxicas en el agua. Sin embargo la transformación de materias primas en biocombustibles consume mucho menos agua que la producción de materias primas.

   "Así como los biocombustibles necesitan agua en sus etapas de procesamiento, los requerimientos de agua para los biocombustibles producidos en cultivos de riego puede ser mucho mayor que la de los de combustibles fósiles. Los subsidios de energía permiten a los granjeros bombear los mantos acuíferos con tasas insostenibles de extracción, lo cual ha llevado al agotamiento de las reservas del agua subterránea" (UN World Water Development Report, 2014a).

El agua necesaria en la **minería del carbón** no es considerable, pero el problema principal es el impacto en la calidad del agua, ya que el agua ácida producida en el drenaje de la mina y en las pilas de residuos,

disuelve los metales de la roca y de la tierra, llevando metales como plomo, zinc, cobre, arsénico y selenio al agua que, eventualmente, pasan de los sistemas de drenaje a los afluentes circundantes de la cuenca. La cantidad de agua necesaria para transformar carbón en líquido es considerable, pues se usa para los procesos de enfriamiento aunque depende del diseño técnico de la planta. La distribución de gas natural y de estos combustibles líquidos no implica consumo de agua.

El uso de **agua en la producción directa de electricidad** se concentra en la fase de transformación, principalmente para el enfriamiento de las plantas de generación termoeléctrica donde hay dos tipos de sistemas empleados: de circuito cerrado y de circuito abierto. El enfriamiento de circuito abierto retira agua en grandes cantidades y regresa un alto porcentaje a la fuente pero a mayor temperatura, lo cual causa daños medioambientales a la vida acuática de los cuerpos de agua usados para el suministro. El sistema de circuito cerrado emplea menos agua, pero en realidad consume más, ya que se pierde toda en la evaporación (Kelic, 2009). El uso del enfriamiento seco –sin agua– es una ventaja, pero el proceso no es tan eficiente como cuando se emplea el agua. El 78% de la generación de electricidad del mundo es termoeléctrica, lo cual implica carbón, gas natural, petróleo y energía nuclear; la mayoría requiere procesos de enfriamiento y, tal como se mencionó antes, el agua es el medio más común. Entre 80% y 90% del agua que se consume en la generación de energía es para los procesos de enfriamiento (World Economic Forum, 2011). Es importante mencionar que el ciclo combinado con turbinas de gas reduce el uso de agua a la mitad en la proporción de agua por unidad de energía producida. Pero existe una preocupación latente en algunos países que han generado cierta dependencia a las importaciones y precios del gas (U.S. Department of Energy, 2007). Más iniciativas que reemplacen los sistemas de enfriamiento a través del diseño de nuevas tecnologías son definitivamente necesarias para alcanzar la eficiencia del agua y la generación económica de energía, considerando el alto porcentaje de generación de electricidad en plantas termoeléctricas.

La **energía nuclear** necesita cantidades muy elevadas de agua en la extracción del uranio e igualmente en el proceso de preparación del uranio como combustible útil en la producción de energía. La nuclear es la forma energética que emplea la mayor cantidad de agua por unidad de energía producida. Los problemas de contaminación del agua son parecidos a aquellos de la extracción de carbón.

Las formas de energía renovable como la hidroeléctrica, la eólica, la geotérmica y la solar requieren de muy poca agua para la producción de materias primas. Mejor aún la eólica y la solar casi no usan agua en la etapa de producción de energía, a excepción de las actividades de lavado. Sin embargo, en la transformación de materias primas como energía utilizable para los consumidores, las formas de energía solar concentradas generalmente tienen un uso intensivo del agua.

"Desde la perspectiva del agua, la energía solar fotovoltaica y la eólica son claramente las fuentes más sustentables para la generación de energía. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el servicio intermitente que ofrecen la energía solar fotovoltaica y la eólica necesita compensarse con otras fuentes de energía las cuales, a excepción de la geotérmica, requieren del agua para mantener los saldos de carga" (UN World Water Development Report, 2014a).

Es bien sabido que las inversiones y los subsidios económicos para el desarrollo de energías renovables son inferiores a aquellos destinados al uso de combustibles fósiles. Estas inversiones para la investigación y el apoyo económico para la creación de nuevos sistemas "necesitarán aumentar dramáticamente antes de que representen un cambio significativo en la proporción energética mundial" y, por lo tanto, en la reducción de la demanda de agua en la interdependencia energética de la misma.

También la energía geotérmica está poco desarrollada y tiene potencial. "Es independiente del clima y tiene la ventaja de que produce mínimos o casi nulos gases de efecto invernadero" (UN World Water Development Report, 2014a).

La energía hidroeléctrica, que aporta 20% de la generación mundial de energía, es un caso especial en cuanto a la pérdida de agua porque éste se debe a la evaporación. Es bien sabido que en este caso existe un mayor rango de evaporación de agua en los embalses que en los sistemas fluviales, que fluyen naturalmente debido a una mayor superficie expuesta a la evaporación. Es importante notar que América Latina y el Caribe tienen el segundo mayor potencial hidroeléctrico de todas las regiones del mundo –cerca de 20%, Brasil presenta casi 40%–. Ahí se ha dado

Tabla 1. Resumen del consumo de agua en relación con el tipo de energía

Tipo de energía	Tipo específico	Consumo + Tipo de uso	Impacto en el agua
Producción de materias primas, minería			
Gas natural y líquido	Petróleo	Grandes cantidades en forma de vapor para separar el petróleo del suelo	Impacto probado en la calidad del agua por estudios paleolimnológicos
	Petróleo y gas tradicionales	Cantidades mínimas, y a veces se genera agua en las descargas de materias primas	Impacto en la calidad del agua
	Fracking para la producción de gas	Grandes cantidades en la perforación y fractura horizontal para gas de esquisto	Impacto en la calidad del agua
Biocombustible		La cantidad de agua usada depende del tipo de cultivo si es de riego o no	
	Aceite de semillas o granos	Grandes cantidades para el riego	Puede causar agotamiento de los mantos acuíferos, y eutrofización de las aguas superficiales
	Caña de azúcar	Grandes cantidades si es de riego	Puede causar agotamiento de los mantos acuíferos, y eutrofización de las aguas superficiales
Carbón		No considerable	Impacto en la calidad del agua a través de la acidificación del agua por metales disueltos en cuencas circundantes
Nuclear		Se utilizan grandes cantidades	Impacto en la calidad del agua similar a la anterior
Formas de energía renovable			
Hidroeléctrica		Poca o nada de agua	
Eólica		Poca o nada de agua	
Geotérmica		Poca o nada de agua	
Solar		Poca o nada de agua	
Refinamiento de materias primas			
Petróleo		Grandes cantidades en procesos de enfriamiento	Contaminación del agua, a veces en las plantas de tratamiento del lugar
Biocombustible		Menor a la producción	Menos agua que la producción de materias primas
Procesos de transformación de materias primas en energía			
Plantas de generación termoeléctrica (carbón, gas natural, petróleo y nuclear)	Sistema de enfriamiento de circuito abierto	Retira grandes cantidades y la regresa pero a mayor temperatura	Daño medioambiental a la vida acuática en cuerpos de agua
Plantas de generación (carbón, gas natural, petróleo y nuclear)	Sistema de enfriamiento de circuito cerrado	Retira menos agua pero consume más como pérdida en la evaporación	
Plantas de generación termoeléctrica (carbón, gas natural, petróleo y nuclear)	Enfriamiento en seco, desventaja de menor eficiencia	No hay retiros de agua pero la tecnología actual es menos eficiente	
Plantas de generación termoeléctrica (carbón, gas natural, petróleo y nuclear)	Combinada-ciclo de gas	Menos agua por unidad de energía pero dependencia de las importaciones y los precios del gas	
Nuclear		Grandes cantidades en la transformación del uranio como combustible útil; mayores cantidades de agua por unidad de energía producida	
Procesos de transformación de materias primas en energía			
Hidroeléctrica		Uso casi nulo de agua excepto para actividades de lavado	
Eólica		Uso casi nulo de agua excepto para actividades de lavado	
Geotérmica		Uso casi nulo de agua excepto para actividades de lavado	
Solar		Uso casi nulo de agua excepto para actividades de lavado	

una expansión masiva de proyectos hidroeléctricos hasta llegar al punto de que la energía hidroeléctrica representa 65% del suministro total e incluso más en Brasil, Colombia, Costa Rica, Paraguay, Perú y Venezuela. En comparación, el porcentaje mundial del total de electricidad es de 16% (IEA, 2012b; OLADE, 2013). En un futuro, el cambio climático indudablemente reducirá la continuidad y la fiabilidad de este suministro de energía.

c) Energía para el agua

Cerca de 7% de la producción comercial de energía a nivel mundial se usa para la gestión del abastecimiento de agua dulce en el planeta. Tal energía es necesaria para el abastecimiento de agua y los sistemas de tratamiento de aguas residuales una vez que el agua ha sido usada y requiere reciclaje. Específicamente la energía se requiere para la extracción, purificación y distribución del agua, lo que implica un 80% de los costos del procesamiento y distribución del agua municipal en los Estados Unidos de América (EUA) (EPRI, 2000).

La cantidad de energía empleada para asegurar el agua potable depende de la fuente hídrica. Debido a los costos del bombeo, el agua subterránea requiere más energía que el del agua superficial. Pero la ventaja del agua subterránea es que suele ser de buena calidad, y necesita menos energía para su tratamiento. El bombeo de agua a largas distancias requiere más energía.

La **desalinización** para suministrar agua potable consume altas cantidades de energía. La energía consumida depende de la calidad del agua; por supuesto que generar agua potable de agua de mar requiere más energía que hacerlo a partir de agua subterránea salobre. La eliminación de la salmuera sobrante es un problema que afecta el cuerpo de agua receptor.

Aunque en América Latina y el Caribe ha habido un avance en cuanto a la prestación de los servicios de agua y saneamiento (94% de la población tiene acceso a fuentes mejoradas de agua y 82% a saneamiento mejorado según WHO/UNICEF, 2013), el creciente costo energético presenta retos para la industria del agua, ya que el costo operacional continúa siendo el más alto (de 30 a 40%) en cuanto a servicios de abastecimiento de agua (Rosas, 2011). Esto tiene múltiples causas, desde los diseños con falta de atención a la eficiencia energética, las pérdidas de agua en el sistema de distribución, la ausencia de cobertura en la medición doméstica, la expansión del tratamiento de aguas residuales y la fuerte dependencia de las aguas subterráneas con altos costos de bombeo asociados con la disminución de los niveles en los mantos acuíferos.

d) Producción de energía limitada por la sequía y la competencia entre usuarios

En la última década hemos visto aumentar la incidencia de las sequías y de la escasez de agua local; esto ha interrumpido la generación de energía y causado consecuencias económicas graves; además, las limitaciones en cuanto a energía han restringido los servicios de agua. La situación mundial se caracteriza por el hecho de que el suministro de aguas superficiales disponibles no se ha incrementado en 20 años; asimismo, el nivel freático y los suministros de agua subterránea caen a un ritmo alarmante. El impacto del cambio climático reducirá todavía más el suministro de agua potable disponible. Las sequías del pasado han ocasionado el cierre de plantas generadoras o disminuido su operación cuando los niveles de agua se vuelven demasiado bajos para la extracción del agua de enfriamiento, o cuando la temperatura de la descarga del agua para enfriamiento excede los límites permitidos. Hay muchos ejemplos de sequías causantes de bajos niveles de agua acompañados de la demanda para otros usos, como el riego (Colombia Basin News, 2006), que han limitado la capacidad de las plantas generadoras de energía.

Los cambios en los patrones de lluvia en el ciclo hidrológico y su efecto en el flujo de los ríos que han afectado la operación de los embalses y las plantas hidroeléctricas, son una de las mayores preocupaciones de la industria energética. Por ejemplo, en 2001, la sequía en el noroeste de los EUA redujo la producción de energía hidroeléctrica, lo cual llevó a la pérdida de miles de empleos en la industria del aluminio que tiene un uso intensivo de energía (Washington State Hazard Mitigation Plan, 2004).

Tal como señala el Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2014 - Agua y Energía, "las sequías están amenazando la capacidad hidroeléctrica de muchos países; y diversos reportes concluyen que la baja disponibilidad de agua podría ser un obstáculo para la expansión del sector energético en múltiples economías emergentes, especialmente en Asia" (IEA,

2012a; Bloomberg, 2013). Esto apunta a la fuerte necesidad de hacer frente a los eventos climáticos extremos como es la gestión de inundaciones y sequías para asegurar la energía y el agua, lo cual debería incluir el almacenamiento de ambas.

e) Conclusiones. Objetivo del Programa de Energía y Agua de IANAS

Al tratar con la interdependencia del agua y la energía, es elemental reconocer que el vínculo es diferente en cada caso; la energía tiene formas alternativas para su generación, pero el agua no tiene sustitutos (Clausen, 2013). El agua es un vínculo clave entre los seres humanos, nuestro medio ambiente y todos los aspectos de nuestro sistema económico.

Como hemos visto en esta síntesis de la relación bidireccional entre agua y energía, el uso del agua en muchas formas de generación de energía limita su producción. Sin embargo, la mayor parte de las formas de energía renovable en la mayoría de las fases de producción implica un gasto mucho menos intensivo y, en algunos casos, el agua ni siquiera es necesaria. También se ha hecho hincapié en que algunas formas de producción energética como la minería, el *fracking* y los procesos de enfriamiento contaminan las fuentes de agua.

Es de destacar que cuando la política o las políticas económicas favorecen uno de los dominios puede significar "el aumento de los riesgos y efectos perjudiciales en otro, aunque también es posible generar beneficios colaterales" (UN World Water Development Report, 2014a). A menudo es necesario analizar y compensar para recibir beneficios para múltiples sectores, como el del agua, energía, agricultura, necesidades de la población, ecosistemas saludables que ayuden al sustento del bienestar humano, al crecimiento económico y más. El cambio climático existe y afectará irreversiblemente la dependencia que tiene la energía del agua y viceversa, la energía necesita asegurar el acceso al agua de buena calidad. En todo esto hay una gran necesidad de revisar el sistema y de analizar las medidas adoptadas para la gestión, tanto del agua como de la energía (Bazilian *et al.*, 2011).

Como se mencionó en el Informe de 2014 de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, "el reto para los gobiernos del siglo XXI es incluir múltiples aspectos, roles y beneficios del agua, así como colocar al agua en el centro de la toma de decisiones en todos los sectores dependientes del agua, incluyendo el energético".

La sinergia entre el agua y las infraestructuras y tecnologías de la energía puede coproducir servicios de agua y energía que beneficien a ambos lados del vínculo, proteger el medio ambiente y, al mismo tiempo, favorecer a la población. Hay ejemplos que combinan la generación de energía renovable en plantas de desalinización o la recuperación de energía a partir de aguas residuales.

Pero eso no será suficiente en el futuro, tal como señaló el director general de la UNESCO en el Informe de la ONU 2014 Agua y Energía: "está claro que las soluciones técnicas no serán suficientes para hacer frente a los desafíos de carácter, sobre todo, político, económico y educativo. La educación para un desarrollo sostenible es esencial para ayudar a las nuevas generaciones a crear ecuaciones de ganar-ganar en cuanto al agua y la energía se refiere. La participación del sector privado y el apoyo gubernamental para la investigación y el desarrollo son cruciales para el **fomento de fuentes de energía renovables** –y de menor uso de agua–". Es necesario promover evaluaciones que refuercen mutuamente el uso de la energía y la gestión del agua en ambos lados de la relación. Con el fin de lograr todo eso y encontrar la mejor solución, por supuesto que es necesario tener más información para desarrollar sistemas basados en una sinergia que beneficie tanto a la producción de energía como a la gestión del agua. De acuerdo con lo anterior, resulta necesario crear nuevas capacidades en los gestores de recursos hídricos, así como también en los expertos en energía y agua con visión, experiencia y conocimiento en la interdependencia entre agua y energía, asegurando así, beneficios para las comunidades participantes con el desarrollo de nuevas soluciones.

El objetivo de los programas de energía y agua de la Red Interamericana de Academias Científicas está orientado a promover una energía sostenible futura y a gestionar las cuencas hidrográficas de América con la contribución de científicos de todos los países participantes.

Las siguientes tres secciones presentan estudios de caso de aspectos específicos de cómo los roles de la mujer, especialmente en sociedades rurales, se ven afectados por su necesidad de acceder y producir agua y energía con el fin de cumplir con sus responsabilidades domésticas. El primero presenta datos

sobre Perú y la región de los Andes, seguido de una visión general del uso de la energía tradicional y de los programas modelo para mejorar la vida de las mujeres rurales; por último, un análisis específico del impacto del uso de leña en la salud de las mujeres.

3. Energía, agua y género: estudio de caso de Perú y la región de los Andes

Introducción

"Las mujeres juegan un papel crucial en la gestión medioambiental y el desarrollo. Por lo tanto, es esencial que ellas estén completamente involucradas para alcanzar un desarrollo sostenible" (Principle 20, Río de Janeiro 1992.) Durante las últimas dos décadas, a pesar de los cambios significativos en cuanto al acceso al agua potable y la energía, éstos no han alcanzado la esfera de la igualdad de género, ni en el ámbito urbano ni en el rural, ni en relación con el nivel socioeconómico ni con el continente de origen. En las economías de subsistencia, las mujeres emplean gran parte del día en la realización de tareas domésticas como ir a buscar agua o recolectar leña para usarla como combustible (Global Partners in Action, 2009). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2013:6) especifica que "las mujeres no son siempre las principales recolectoras de leña … y en el caso de Latinoamérica, los hombres son sobre todo los responsables de esa tarea". En América Latina se reconoce que "la leña continúa siendo la forma más común de energía para cocinar, y la sostenibilidad de su uso es fundamental por razones medioambientales y sociales" (Van den Hooven, 2006). Además, es importante hacer evidente la existencia de la brecha entre las zonas rurales y urbanas, así como de las mujeres rurales y urbanas.

Mujeres cargando leña http://www.planeterra.org/blog/care-cookstoves

Sección 1. Estudio de caso: Perú

La Tabla 2 muestra la realidad en Perú e indica el número promedio de horas dedicadas a la recolección de madera, estiércol y/o carbón como fuente de energía para la cocina doméstica por la población mayor de 12 años. Aunque esta tarea se lleva a cabo tanto por hombres como por mujeres, los primeros tienden a dedicar más horas a la misma, en particular en las montañas, donde se necesita un mayor número de horas para recolectar leña, carbón y/o estiércol, con 3.48 horas semanales, en comparación a las 2.78 horas semanales en la costa o a las 2.63 horas semanales en la selva. En las tres regiones naturales, los hombres muestran el mayor promedio de horas a la semana dedicadas a la recolección, aunque la tarea es más equitativa en la costa.

La ciudad capital no está a salvo de esta realidad, la cual se vive diariamente en sus principales centros y periferias pobres. De hecho, en los distritos pertenecientes a Lima Sur, 1.3% de las casas no cuenta con los servicios básicos; en otras palabras, luz eléctrica, suministro de agua y drenaje. Pachacamac es el distrito con el mayor porcentaje de casas con deficiencias en todas estas categorías. La falta de redes de suministro de agua indica que para estas poblaciones es necesario salir y recolectar agua para sus necesidades diarias. Como estos distritos pertenecen a Lima metropolitana, de acuerdo con la Tabla 2, las mujeres son las principales responsables de esta tarea. En zonas urbanas, incluso las familias más pobres tienden a comprar la leña que requieren.

En cuanto al suministro doméstico de agua, que en la mayoría de los casos no es potable, el PNUMA (2007: 79-81) especifica que, a nivel mundial, las mujeres y los niños "tienen la responsabilidad de responder a las necesidades de agua de sus familias, una tarea que consume tiempo y que también demanda una gran cantidad de energía. En zonas ru-

Tabla 2. Promedio de horas a la semana que dedica la población mayor de 12 años a la recolección de leña, estiércol o carbón para cocinar los alimentos en sus hogares

		Promedio	Hombres	Mujeres
Total		**3.17**	**3.4**	**2.88**
Área de residencia	Área urbana	2.23	2.17	2.28
	Área rural	3.47	3.73	3.13
Región	Costa (no incluye Lima)	2.78	2.83	2.77
	Montañas	3.48	3.83	3.12
	Selva	2.63	2.80	2.40
	Lima y Callao metropolitanos	1.78	0.93	2.17

Fuente: INEI-Encuesta Nacional del uso del tiempo, pp. 200 y 201

Tabla 3. Porcentaje de hogares según el tipo de escasez: electricidad, agua y drenaje. Escala: Lima Sur

	Lima Sur	Lurín	Pachacamac	San Juan de Miraflores	Villa el Salvador	Villa María del Triunfo
Falta de suministro de agua, drenaje y luz eléctrica	1.3	1.8	5.3	0.7	0.9	1.4
Falta de suministro de agua y de sistema de drenaje	7.9	19.4	32.8	3.1	5.6	7.5
Falta de red de suministro de agua o pozo	22.1	32.7	79.5	10.2	18.7	23
Falta de red de suministro de agua	21.2	44.1	84.9	8.3	16.8	20.3
Preparación de alimentos con keroseno, carbón, leña, estiércol u otros tipos de combustible sin chimenea en la cocina	21.1	20.9	32.1	16.8	21.7	22.2

Fuente: INEI, Censos Nacionales 2007: Censo XI y Censo VI de Vivienda. MINTRA-Pobreza y Desarrollo Local en Lima Sur, p. 20

rales, ellos tienen que viajar largas distancias a pie para obtener agua, que luego llevan a casa. En zonas urbanas, las mujeres tienen que hacer cola durante indeterminadas cantidades de tiempo, esperando las intermitentes entregas de agua. Esto les da menos tiempo para cubrir otras necesidades, actividades apropiadas para su edad, como educación, trabajo pagado o actividades culturales y de ocio."

Sección 2. Estudio de caso: Selva amazónica y montañas andinas

La situación es muy diferente en el caso de las zonas de la selva amazónica y las montañas andinas. En la amazonia andina, de 2 mil 300 metros sobre el nivel del mar río abajo, la Tabla 4 muestra una situación difícil para el 80% de los pueblos de menos de 2 mil habitantes; esto es, 17,787 pequeñas y dispersas comunidades y pueblos no tienen acceso a una fuente segura de agua. Esto incluye aproximadamente a 7 millones de habitantes. Más de la mitad de éstos –en otras palabras 3 millones 423 mil 057 habitantes– vive en la zona de selva baja a una altitud de entre 400 y 700 metros. Esta extrema atomización da como resultado un verdadero aislamiento y una exclusión natural, además de representar un auténtico desafío técnico y financiero para alcanzar los Objetivos del Milenio. A pesar de que se trata de la cuenca con la mayor disponibilidad de agua en el planeta, la obtención del agua es una tarea diaria llevada a cabo principalmente por mujeres y niños.

En la región andina, el difícil acceso geográfico, el aumento de los desastres naturales relacionados con el deterioro ambiental y la variabilidad climática, además de décadas de exclusión, falta de presencia del estado y de mercado, falta de propuestas para superar la pobreza y la empobrecedora dependencia de la beneficencia del Estado han aumentado la vulnerabilidad de los sectores más pobres. Esto ha ocurrido, en particular, en tiempos de crisis en las cuales las mujeres de bajos ingresos realizan trabajos mal remunerados, laboran largas horas y aceptan condiciones de empleo menos favorables que las mujeres de mayores recursos, simplemente para asegurar la supervivencia de sus familias.

Tabla 4. Población sin agua, según el país y el pueblo

Localización	Población amazónica	Número de pueblos	Falta de acceso a agua potable	%
Total	**6.786.775**	**18,098**	**4.163.238**	**61%**
Distribución por país				
Bolivia	912.089	3 307	500.200	55%
Colombia	1.357.003	1,738	903.083	67%
Ecuador	561.852	960	398.731	71%
Perú	3.951.911	12 044	2.358.088	60%
Distribución por pueblos según el rango de población				
0 - 500	2.856.590	16 374	2.285.272	80%
500 - 2000	1.454.552	1 413	1.163.640	80%
2000 - 5000	500.573	147	306.543	61%
más de 5000	1.975.060	164	407.783	21%

Fuente: NIPPON KOEI LAC CO., Ltd., 2005

Tabla 5. Porcentaje de tiempo dedicado a las actividades principales de acuerdo con la zona y el género, en el Valle Sur de Cusco

Actividades	Zona rural		Zona Urbana	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Agricultura	12.3%	12.4%	-	-
Pesca	-	16.5%	1.1%	1.3%
Comercio o mercado	11.0%	-	12.7%	3.6%
Doméstico	1.4%	36.0%	1.8%	32.2%
Relaciones familiares	13.7%	-	23.6%	25.1%
Actividades comunitarias	19.2%	16.5%	18.1%	20.1%
Trabajo pagado	26.0%	-	30.8%	-
Ocio	13.7%	12.4%	3.6%	7.6%
Ayuda a los niños con la tarea	2.7%	6.2%	8.3%	10.1%
	100%	**100%**	**100%**	**100%**

Fuente: Diagnóstico de la situación de las mujeres y las relaciones de género. Centro Guamán Poma de Ayala

Los estudios realizados con el Centro Guamán Poma de Ayala demuestran las significativas diferencias en el tiempo dedicado a las actividades principales de acuerdo con la zona y con el género, en el Valle Sur de Cusco.

Por otra parte, en los periodos de crisis, no sólo las mujeres dedican más tiempo a la recolección de agua, leña o estiércol para las tareas domésticas, sino que como estrategia común se reduce primero el suministro de comida para las mujeres y, sólo en la peor situación, se disminuye la cantidad de alimento para todos los miembros de la familia, tal como se demostró en un estudio llevado a cabo por Aparco Balboa en la región montañosa de Cusco.

Conclusión

Este estudio de caso sobre Perú ofrece un buen ejemplo de cómo la vida de las mujeres se ve afectada por sus responsabilidades domésticas, como es la búsqueda de recursos energéticos de leña y estiércol. Además, gran parte de su tiempo es empleado en la recolección de agua y, en tiempos de estrés, el suministro de alimentos para las mujeres se hace más limitado. Esto también demuestra el importante pa-

pel de factores geográficos y medioambientales, ya que en los lugares más lejanos la demanda de tiempo, energía y salud hacia las mujeres es enorme.

4. Rol de las mujeres rurales en la producción y el uso de energía

a) Introducción

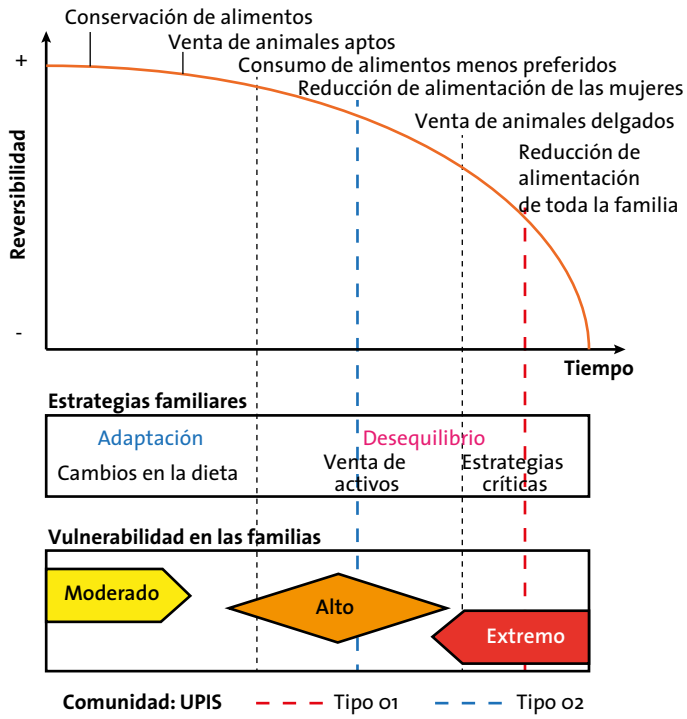
Durante muchos años, el rol de la mujer en la producción y el uso de energía se enfocó principalmente al hogar, particularmente en la quema de biomasa para cocinar la comida. Las mujeres de hoy día han expandido su papel, empoderándose a sí mismas y a sus comunidades para usar otras fuentes renovables de energía, participar en los proyectos técnicos y asumir roles tradicionalmente desempeñados por los hombres.

Hay gran cantidad de referencias de estudios sobre este asunto de género y energía. Entre ellas, la Organización Interamericana de la Energía (OLADE, 2013) muestra que las diferentes necesidades energéticas de los hombres y de las mujeres significan que el acceso a la energía debe entonces tener un impacto variable en ellos. Mientras que los hombres usualmente trabajan la tierra y generan productos agrícolas para su venta, las mujeres plantan, deshierban y cosechan productos para el consumo de su familia, cocinan, procesan alimentos, transportan productos y se dedican al bienestar de sus hijos y familias.

Se sugiere que para llevar a cabo su papel en el hogar y en la sociedad, las necesidades y los intereses de las mujeres deben estar incluidos en las políticas energéticas de sus respectivos países. En este sentido, es esencial la formulación de objetivos específicos de género que cubran las necesidades de las mujeres:

- Una vida más sencilla y agradable, sin por ello descuidar sus actividades domésticas o comunitarias.
- La capacidad de producir más y mejores productos para generar ingresos sin poner en riesgo su papel fundamental en la sociedad.
- Una mayor equidad con respecto a los hombres y la oportunidad de ser autosuficientes.

Figura 1. La vulnerabilidad de la familia y la disminución del suministro de alimentos para las mujeres, comunidad de Upis, Ocongate-Cusco.



En 2012, con la cooperación de Canadá, la OLADE puso en marcha un proyecto llamado "Desarrollando la equidad de género en el proceso de toma de decisiones del sector energético". El objetivo era diseñar un marco político estratégico para la energía y el género que permita a los gobiernos la creación de planes con perspectiva de género, estrategias, políticas y medidas reguladoras para el uso de energía en Latinoamérica y el Caribe (Larrea, 2013).

b) Los avances tecnológicos en energía renovable con el mayor impacto en el desarrollo socioeconómico de mujeres rurales

Si bien la inclusión de las necesidades e intereses específicos de género en las políticas de energía en todo el país es un asunto de alta prioridad, aún no se ha abordado. Sin embargo la ausencia de ese tipo de políticas no ha obstaculizado la participación activa de mujeres rurales en el desarrollo e implementación de tecnología, la cual, en términos generales, ha tenido un impacto positivo en sus vidas. Estas mujeres

han recibido el apoyo de organizaciones y empresas nacionales e internacionales. Entre las contribuciones notables se incluye:

- La mejora de estufas de leña, lo cual ha tenido un impacto positivo tanto en la salud como en la cantidad de tiempo y esfuerzo empleados en recolectar y acarrear leña.
- Sistemas de bombeo eólico y solar para el suministro de agua, que reducen el tiempo y el esfuerzo dedicados a la extracción y transportación del agua.
- La electricidad para mejorar las condiciones en el hogar, haciendo posible que las mujeres trabajen y estudien por la noche, que se refrigere la comida para su consumo o venta, que se iluminen los caminos y se tenga acceso al radio, la televisión y el Internet.

b.1 Leña como combustible doméstico

Diversos estudios reconocen al amplio uso de la leña como combustible para cocinar y calentarse en muchas regiones y países de todo el mundo. Las tecnologías para la preparación de comida en países en vías de desarrollo siguen presentando menos de 15% de eficiencia, mientras que en los países desarrollados la tecnología utiliza más de 80% del potencial energético del combustible. Además, durante el proceso de combustión, se produce un alto volumen de monóxido de carbono, lo cual genera problemas de salud, en particular para mujeres y niños (Mejía, 2011).

Por ejemplo, 14% de la población en Colombia depende de la leña como principal fuente de combustible para la preparación de alimentos. Proyectos como "Estufas eficientes" han contribuido a mejorar la calidad de vida y al uso eficiente de la energía en áreas rurales de Antioquía y Santander. La primera etapa de este proyecto, supervisado por la Organización Natura, busca reemplazar fogones y estufas tradicionales con tecnologías más eficientes para 2 mil familias (Aristizábal, 2013).

En Nicaragua, la Fundación "Proyecto solar para mujeres nicaragüenses" (FUPROSOMUNIC) financia la compra de mejores cocinas para complementar la energía solar cuando las condiciones climáticas hacen que las cocinas solares no sirvan. Éstas usan 50% menos de leña que las estufas abiertas normales. Además, tienen una chimenea integrada que lleva el humo hacia fuera de la vivienda, tal como se muestra en la Fotografía 1 (FUPROSOMUNIC, 2014).

Fotografía 1: El uso de una cocina mejorada.

Fuente: FUPROSOMUNIC, 2014

b.2 El potencial de las estufas solares para reducir la dependencia de la leña

Las estufas solares son actualmente empleadas para producir gran variedad de alimentos, incluyendo, en muchos casos, platos básicos como carne, vegetales, arroz, frijoles y plátano. Pueden también ser usadas para deshidratar comida. Sin embargo, el hecho de que las estufas solares no puedan emplearse con ausencia de luz solar, además de que algunos alimentos no pueden ser preparados en ellas, explica por qué la mayoría de las mujeres continúa usando sus estufas de leña o gas (Grupo Fénix, 2008).

Hay muchos y variados beneficios para las mujeres rurales que utilizan las estufas solares; ahorran combustible y dinero –ya que el consumo de leña se reduce más de 50%–, la comida es más limpia y saludable, y las mujeres tienen más tiempo para hacer otras cosas mientras la comida se está cocinando porque no se quemará. Estas estufas ayudan a

mantener a la gente sana debido a que emplean tecnología limpia que no deja hollín en las ollas, en los utensilios de cocina o en las paredes del hogar. Las estufas solares también ofrecen la oportunidad de ganar un dinero adicional con la venta de alimentos preparados.

Desde 1989, el Instituto Ecuatoriano de Investigaciones y Capacitación de la Mujer (IECAIM), en colaboración con el Instituto Internacional de las Naciones Unidas de Investigación y Capacitación para el Progreso de las Mujeres (UN-INSTRAW) y Solar Cookers International, han ofrecido cursos de formación a mujeres rurales sobre cómo utilizar nuevas fuentes de energía como la solar, la biomasa, la eólica y la geotérmica. El proyecto de desarrollo, construcción, uso y venta de estufas solares ha beneficiado a más de 400 mujeres y sus familias. Las mujeres construyen por sí mismas las estufas solares y pueden venderlas si así lo desean (Cuvi, 2005).

La Fotografía 2 ilustra la participación de las mujeres rurales en un programa de entrenamiento cuyo objetivo es fundar una industria artesanal para producir cocinas solares y reducir el uso de leña en Ecuador.

En Nicaragua, la Fundación FUPROSOMUNIC beneficia a las comunidades cercanas a través del uso de cocinas solares y la reducción de la presencia de humo en el ambiente circundante (FUPROSOMUNIC, 2014).

Fotografía 2: Programa de entrenamiento sobre estufas solares para mujeres rurales (Cuvi, 2005).

Fotografía 3: Usando una estufa solar.

Fuente: La Prensa.com.ni

b.3 Digestores de residuos

Los digestores anaeróbicos para residuos orgánicos son otra fuente de energía no convencional que puede minimizar la dependencia de la leña. Es importante subrayar que la participación de las mujeres rurales ha sido importante en la difusión de esta tecnología. Para estas mujeres, el digestor de residuos ha significado un menor esfuerzo y menos tiempo empleados en la recolección de leña, así como un mejor uso para el excremento de los animales de granja (vacas lecheras, caballos y cabras) y, simultáneamente, una fuente económica de abono orgánico para el pasto, las verduras, las frutas y las plantas decorativas del jardín.

Del mismo modo, los digestores reducen la presencia de olores desagradables, de insectos molestos y del humo de la leña ardiendo dentro de la casa, permitiendo que los peces puedan ser criados en estanques pequeños para mejorar la dieta familiar e incluso ofreciendo la oportunidad de llevar turistas a ver un sistema de producción respetuosa del medio ambiente. Por estas razones, las mujeres promueven la construcción de digestores de residuos mediante la participación en talleres y el aprendizaje de cómo manejarlos e instalarlos (López, 2008).

b.4 La energía solar

Las mujeres también participan cada vez más en proyectos técnicos de energía renovable y están adoptando roles tradicionalmente desempeñados por hombres, como la instalación de electricidad en sus comunidades, negocios y hogares.

Otro importante grupo es Las Mujeres Solares de Totogalpa, Nicaragua. Este grupo es una cooperati-

va que comprende a 19 mujeres y dos hombres que colaboran en el desarrollo de sus comunidades a través de la producción y uso de energía renovable. Ellos participan activamente en la investigación y desarrollo de nuevos productos y aplicaciones. Además, diseñan, construyen y venden estufas solares y sistemas solares térmicos (usados para deshidratar); también diseñan y construyen varios tipos de paneles fotovoltaicos usando celdas solares recicladas.

Asimismo, elaboran gran variedad de productos elaborados a través del uso de energía renovable como galletas, frutas en conserva y café. Ellos incluso han abierto su propio restaurante solar. La venta de estos productos les proporciona un ingreso constante y las mujeres continuamente están explorando nuevas oportunidades, como trabajar con estufas de leña mejoradas y bombas de agua impulsadas tanto por biogás como por energía solar (Dolezal, 2012).

La energía solar es sinónimo de mejora económica, especialmente en regiones donde sólo un pequeño porcentaje de la comunidad rural tiene acceso a energía eléctrica. En Mali, el Programa de Energías Renovables para el Progreso de las Mujeres (PENRAF) fue fundado por el gobierno en 2003 y financiado por el PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). El programa, cuyo objetivo es hacer que la energía renovable sea accesible para todos, ha beneficiado a más de 30 mil personas hasta la fecha, fundamentalmente mujeres y jóvenes. Muchas mujeres han sido capaces de generar ingresos gracias a las nuevas oportunidades de trabajo, derivadas de este proyecto.

Del mismo modo, a través de esta iniciativa, se fundó una asociación de mujeres cuyas responsabilidades van desde la horticultura o la elaboración de hielo para su uso alimenticio, hasta la supervisión de los centros de salud y de dos escuelas del pueblo. Sus cultivos ahora son regados con bombas solares, las cuales han aumentado la rentabilidad de sus jardines. Además, las mujeres no tienen que continuar comprando carbón o petróleo para sus tareas domésticas (UNDP, 2003).

Otra situación que vale la pena mencionar, donde las mujeres se empoderaron para dirigir el desarrollo local, tuvo lugar en Burkina Faso con el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas de 2007 y el apoyo financiero de los bancos. En el marco de este proyecto, iniciativas alternativas de energía fueron apoyadas y a las mujeres rurales se les enseñó cómo usar tecnología solar de acuerdo con el método del Barefoot College, India. Este proyecto ha creado puestos de liderazgo en la producción de paneles solares y áreas afines, que han sido ocupados por mujeres. El aumento de horas de electricidad ha mejorado la vida en los pueblos y aumentado las oportunidades de aprendizaje, la productividad en los talleres de costura y la venta de productos no contaminados por el humo de las lámparas de aceite de mala calidad (Reche, 2011).

También es importante señalar que la Barefoot School en la India fue creada con la idea de educar y enseñar a jóvenes y mujeres rurales analfabetas y semianalfabetas las tecnologías prácticas que puedan mejorar la calidad de vida en sus comunidades.

Aquí los estudiantes aprenden a producir circuitos y lámparas solares, conectar correctamente módulos, baterías, lámparas y reguladores de carga, así como arreglar y mantener unidades estacionarias de iluminación solar. Ante el éxito alcanzado en India, el colegio decidió globalizar su propuesta a través de la apertura del programa de entrenamiento a otros países en desarrollo. En consecuencia, la institución se ha vuelto pionera en llevar electricidad a áreas rurales desde 1989 (Reche, 2011).

c) Conclusiones

All these examples show the great potential of these new technologies for women which promotes their active engagement in economic activiites and strengthens their own economic power through creating, constructing and selling of these new technologies all examples of the positive application of renewabel energy.

5. Uso de leña en América Latina y sus efectos sobre la salud

a) Introducción

La biomasa, incluyendo la leña, el carbón vegetal y los residuos de cosecha, es un amplio concepto que se refiere al uso de todo tipo de materia orgánica para producir energía tanto para uso personal como industrial.

El uso de carbón vegetal o leña para cocinar no es malo en sí mismo. Después de todo, ambos son combustibles renovables y completamente naturales. Sin embargo, su principal problema radica en el modo en el que son usados en los hogares pobres, ya que su uso incorrecto daña la salud de los usuarios, mientras que la no renovación de los bosques tiene un impacto negativo a largo plazo en el medio ambiente (Pobreza energética: la biomasa como combustible, 2014).

b) Factores socioeconómicos en América Latina

En 2012, los niveles de pobreza en América Latina alcanzaron 28.2% mientras que el porcentaje de quienes viven en pobreza extrema alcanzó 11.3% (CEPAL, Panaroma Social de América Latina 2013). El Gobierno mexicano calculó que en 2013, 33% de la población del país vivía en condiciones de pobreza moderada, mientras que 9% lo hacía en condiciones de extrema pobreza (1.4 millones de mexicanos dejan la pobreza extrema entre 2010 y 2012 2013).

Dentro del Istmo Centroamericano, los países más pobres son Honduras y Nicaragua, donde más de la mitad de la población vive debajo del umbral de pobreza (55%) y casi la tercera parte vive en condiciones de extrema pobreza (32%) (*What Have We Learned about Household Biomass Cooking in Central America? 2013*).

En el cono sur, los cuatro países con el más alto índice de pobreza, de acuerdo con el reporte de 2013 de la CEPAL fueron: Bolivia con 42.2%, Colombia con 34.2%, Ecuador con 35.3% y Paraguay con 49.6% (CEPAL, Panaroma Social de América Latina 2013).

c) Uso de leña como fuente de energía en los hogares de América Latina

La muestra del censo para las condiciones de vida y uso de la leña del XII Censo General de Población de México 2000 reveló que más de la mitad de los hogares rurales y sus ocupantes (59%) usan leña como combustible para cocinar (XII Censo General de Población, 2000).

En Centroamérica, veinte millones de personas cocinan con biomasa en fogones abiertos o estufas rudimentarias. Aproximadamente 86% o 17 millones de las personas que consumen leña tanto en áreas urbanas como rurales en la región se concentran en tres países: Guatemala, Honduras y Nicaragua. Mientras tanto, en Costa Rica, Panamá y El Salvador, los usuarios de leña son principalmente de ámbito rural (*What Have We Learned about Household Biomass Cooking in Central America?, 2013*).

La Encuesta Continua de Hogares (ECH) de 2011 realizada por el Instituto Nacional Nicaragüense para la Información y el Desarrollo reportó que el 42.7% de los hogares rurales y el 15.6% de los urbanos usan exclusivamente leña para preparar comida (Encuesta Continua de Hogares 2011).

El informe de Xiaoping Wang, publicado por el Banco Mundial, informó que en Honduras 37% del sector urbano de la población, así como 96% de la población rural, usan leña como combustible en sus hogares (*What Have We Learned about Household Biomass Cooking in Central America?, 2013*).

En 1998, 36.22% de los hogares en Bolivia utilizaba leña, y el porcentaje disminuyó a 17.05% para 2011, ya que hubo un aumento de 20% en el uso de gas licuado durante el mismo periodo (Encuesta de Mejoramiento de Condiciones de Vida, MECOVI 2000-2002; Encuesta Continua de Hogares 2003-2004, Encuesta de Hogares 2005-2011, 2011).

En contraste con la situación de América Central, la Encuesta Permanente de Hogares en Argentina (EPH/INDEC) reportó que 72.11% de los hogares cocina con gas canalizado, mientras que sólo 0.13% usa queroseno, leña o carbón para preparar sus alimentos (Encuesta Permanente de Hogares - EPH 2013).

d) Uso de leña en interiores y sus efectos en la salud humana

El humo de madera es una mezcla compleja de sustancias volátiles y partículas, incluyendo elementos orgánicos e inorgánicos. Más de 200 compuestos químicos han sido identificados en la combustión de madera; los principales son monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y partículas varias, todos tóxicos para el sistema respiratorio. Hay una creciente evidencia de que la exposición al humo de madera en interiores causa enfermedades respiratorias, especialmente entre mujeres y niños, que son los grupos más vulnerables. En particular, tres enfermedades respiratorias han estado fuertemente asociadas con la exposición a largo plazo del humo de madera:

infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores en niños menores de cinco años, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y cáncer de pulmón (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica - EPOC 2013).

La EPOC, generalmente causada en todo el mundo por el consumo de tabaco y la contaminación del aire, ahora es considerada la cuarta causa principal de muerte en todo el mundo y se espera que se convierta en la tercera para 2020 (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica - EPOC 2013).

El Proyecto Latinoamericano de Investigación en Obstrucción Pulmonar encontró que las cifras de la EPOC para Chile, Uruguay, Venezuela y Brasil, fueron más de 12% (Venezuela 12.1%, Brasil 15.8%, Uruguay 19.7%, Chile 15.9%), comparadas con la media de Europa de menos de 10% (Recomendaciones para el Diagnósticoy Tratamiento de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) 2011).

A pesar de haber reportado una prevalencia de 7.8% de la enfermedad, 88% de los pacientes de EPOC en México por exposición al humo de madera eran mujeres.

e) Soluciones alternativas

El uso adecuado y controlado de combustible de biomasa, por ejemplo, la producción de pequeñas bolas de residuos de cultivos, que proporcionan energía generada por la industria agroalimentaria, es una alternativa que puede suministrar la energía suficiente para cubrir las necesidades de los hogares como la preparación de alimentos o la pequeña industria. Sin embargo, su uso debe ser combinado con cocinas eficientes (que no permiten la acumulación de humo en interiores).

6. El género como un componente en la planificación energética

a) El nexo entre energía-pobreza-género

La energía en sí misma no constituye una prioridad de desarrollo, según lo identifican los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) (Khamati-Njenga and Clancy 2003). Los ODM son: 1) Erradicar la extrema pobreza y el hambre, 2) Alcanzar la educación primaria universal, 3) Promover la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres, 4) Reducir la mortalidad infantil, 5) Mejorar la salud materna, 6) Combatir el VIH/SIDA, la malaria y otras enfermedades, 7) Asegurar la sostenibilidad del medio ambiente, y 8) Fomentar una asociación global para el desarrollo. Sin embargo, la disponibilidad energética es uno de los principales factores para el desarrollo. De hecho, la energía ha sido identificada como uno de los factores AESAB prioritarios para el desarrollo (agua, energía, salud, agricultura y biodiversidad) (UNDP 2004). Lo que se llama nexo energía-pobreza deriva del hecho de que la gente más pobre en el mundo tiene acceso a los recursos energéticos menos eficientes y de menor densidad, incluyendo los combustibles de menor escala de energía (The World Bank 2012). En la escala de energía se considera a los combustibles de menor a mayor eficiencia: 1) madera, estiércol y biomasa; 2) carbón vegetal, carbón, queroseno; 3) electricidad, gas licuado de petróleo (GLP), y 4) biocombustibles modernos, solar y eólica (Lambron and Piana 2006).

La mayoría de la gente con bajos ingresos y en pobreza extrema está localizada en zonas rurales, donde los recursos de agua y energía no están fácilmente disponibles para su uso. En 2008, 2.15 millones de personas vivían con $1.25 por día, con una población de 350 millones viviendo en extrema pobreza principalmente en zonas rurales (Banco Mundial, 2012), de los cuales una estimación anterior indicaba que 70% eran mujeres (Khamati-Njenga & Clancy, 2003). Por lo tanto, las mujeres constituyen 50% o más de la población objetivo de los ODM (Dersnah, 2013). Además, las mujeres y los niños –por lo general, niñas– son los principales encargados de la cosecha de energía en comunidades rurales, lo cual es parte de las responsabilidades domésticas (cocina y calefacción). La cosecha de energía comprende la recolección de leña, de estiércol o de otras formas de biomasa (los combustibles más bajos en la escala energética). Una de las principales consecuencias de este hecho es que las niñas son más propensas a abandonar la escuela después de la primaria. El número de mujeres adolescentes fuera de la escuela en América Latina (incluyendo áreas urbanas y rurales) suma en total 20% de la población femenina apta para la educación secundaria, lo cual es desproporcionadamente grande en comparación con los adolescentes hombres

(UNESCO, 2012). Las mujeres y niñas pobres, sobre todo en comunidades rurales, no tienen igualdad de oportunidades para la educación que sus pares masculinos. Sobre la base de la pobreza y la educación por separado, resulta claro el nexo entre energía-pobreza-género. Otro elemento de este vínculo energía-pobreza-género es el componente de salud. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los más pobres del mundo sufren de exposición crónica a los efectos perjudiciales de la leña, el estiércol o la quema de biomasa para cocinar o calentar el hogar, lo que lleva a 1.6 millones de muertes al año, principalmente en mujeres y niños menores de cinco años, a causa de neumonía, enfermedades respiratorias crónicas y cáncer de pulmón en países en desarrollo; el "asesino de la cocina" es responsable de 1 muerte cada 20 segundos (Takada, Rijal and Clemens 2007). La contribución energética y la perspectiva transversal de género hacia las reuniones y las metas de los ODM se resumen en la Tabla 6.

Tabla 3. Porcentaje de hogares según el tipo de escasez: electricidad, agua y drenaje. Escala: Lima Sur

Objetivo	Meta	Contribución energética hacia los objetivos y metas	Perspectiva de género
ODM 1: Erradicar la pobreza extrema y el hambre	Meta 1: Reducir a la mitad la proporción de gente viviendo con menos de un dólar al día	• Combustibles más eficientes y tecnologías de bajo consumo de energía dan como resultado la reducción de tiempo y de gasto del hogar en necesidades energéticas. • La energía fiable y eficiente promueve el desarrollo empresarial y de actividades productivas. • La iluminación extiende la productividad del día.	• La disponibilidad de combustibles y tecnologías energéticas más eficientes permite a las mujeres y a las niñas, quienes son las principales responsables por la recolección de combustible, participar en actividades productivas, en empresas generadoras de ingresos y tener mayor acceso a la educación.
	Meta 2: Reducir a la mitad la proporción de la población que sufre de hambre	• Las tecnologías energéticas más eficientes aumentan la disponibilidad de alimentos cocinados. • La energía permite el acceso a agua fresca para el uso doméstico y la agricultura. • La energía mecánica puede ser usada para la maquinaria de la producción de alimentos. • Las tecnologías de mayor eficiencia energética reducen las pérdidas posteriores a la cosecha y las necesidades de agua.	• Los combustibles y las tecnologías energéticas más eficientes permiten a las mujeres, quienes son las principales responsables de cocinar, alimentar a sus familias y tener una agricultura de subsistencia, mejorar el estado nutricional de sus familias. • El acceso a la energía promueve oportunidades económicas para las mujeres en el sector agrícola.
ODM 2: Alcanzar la educación primaria universal	Meta 3: Asegurar que todos los niños y niñas terminen la escuela primaria.	• Las tecnologías de mayor eficiencia energética liberan a los niños del tiempo que de otro modo emplearían en recolectar combustible y agua. • La energía crea un entorno favorable para los niños. • La iluminación en las escuelas permite las clases nocturnas.	• La inscripción de las niñas en la escuela primaria aumentaría, ya que por lo general son ellas las encargadas de recolectar agua y combustible.
ODM 3: Promover la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres	Meta 4: Eliminar la desigualdad de género en cuanto a la educación	• La electricidad permite el acceso a la información. • La iluminación mejora la seguridad en las comunidades, permitiendo a los ciudadanos asistir a la escuela nocturna y participar en las actividades de la comunidad.	• Las mujeres son más propensas que los hombres a ser analfabetas, y por lo tanto se benefician de mayor educación y participación en las oportunidades de vida de la comunidad.

Tabla 3. Porcentaje de hogares según el tipo de escasez: electricidad, agua y drenaje. Escala: Lima Sur (continúa)

Objetivo	Meta	Contribución energética hacia los objetivos y metas	Perspectiva de género
ODM 4: Reducir la mortalidad infantil	Meta 5: Reducir en dos terceras partes la tasa de mortalidad de los niños menores de cinco años	• Los combustibles más limpios y las tecnologías energéticas más eficientes reducen la contaminación del aire en interiores que causa infecciones de las vías respiratorias bajas entre los niños. • Los alimentos cocinados, el agua hervida y la calefacción contribuyen a una mejora de la nutrición y de la salud.	• Las mujeres y las niñas son usualmente responsables de cuidar a los niños más pequeños (su salud, su sustento y su higiene). Los combustibles limpios contribuirían a la mejora de las condiciones de salud entre mujeres, niñas y niños pequeños.
ODM 5: Mejorar la salud materna	Meta 6: Reducir en tres cuartas partes la tasa de mortalidad materna	• Los servicios de energía permitirían instalaciones médicas mejor equipadas con refrigeración de medicinas, esterilización de instrumentos y acceso a la información.	• La liberación de la tarea de recolectar combustible y agua mejora la salud de las mujeres embarazadas. • Las facilidades médicas permitirán a más mujeres parir en mejores condiciones.
ODM 7: Asegurar la sostenibilidad del medio ambiente	Meta 9: Revertir la pérdida de recursos medioambientales Meta 10: Reducir a la mitad la proporción de gente sin acceso sustentable al agua potable	• La disponibilidad de combustibles más limpios y de tecnologías de eficiencia energética reduce la demanda de madera y de carbón vegetal como combustibles, promueve el uso de los desperdicios agrícolas y el estiércol como fertilizantes, y reduce la emisión de gases de efecto invernadero. • La energía permite bombear el agua para su consumo doméstico y para la producción.	• Las mujeres pueden mejorar el uso de la tierra para la agricultura de subsistencia y productiva con el fin de contribuir a la preservación de los bosques y a un mejor manejo del agua.

Fuente: INEI, Censos Nacionales 2007: Censo XI y Censo VI de Vivienda. MINTRA-Pobreza y Desarrollo Local en Lima Sur, p. 20

Dado que los recursos energéticos y su disponibilidad son los principales factores para contribuir a un desarrollo sustentable, y el género es un asunto transversal en todos los objetivos y desafíos en desarrollo, no es posible aislar la planeación energética del desarrollo. "Hay una necesidad urgente para las naciones y las regiones de desarrollar estrategias de energía sustentable que aborden los objetivos de desarrollo integral" (Lambron & Piana, 2006). Por lo tanto, el análisis durante la planeación energética debe responder a las necesidades de los más pobres, las cuales están determinadas por su contexto (cultura, ingresos, clase social, religión, estatus familiar, ubicación geográfica así como roles y desigualdades de género). La planificación energética debe tomar en cuenta las necesidades, prioridades, impactos y efectos de las iniciativas energéticas en todos los sub-grupos de población, incluyendo a las mujeres (ENERGÍA 2006).

b) La incorporación del género en la planificación energética

La perspectiva de género se define como "una estrategia para hacer de las preocupaciones y de las experiencias, tanto de mujeres como de hombres, una dimensión integral para el diseño, implementación, monitoreo y evaluación de las políticas y los programas en todas las esferas políticas, económicas y sociales, con el fin de que hombres y mujeres se beneficien por igual y que no se perpetúe la inequidad" (Takada, Rijal & Clemens, 2007) y debe ser parte integral de la planificación energética. Para lograrlo, es

necesario que los siguientes elementos estén presentes en todas las etapas de planificación energética (políticas, programas, proyectos, etcétera) (Lambron and Piana 2006)

1. Los datos de discriminación de género, que reflejan una clara diferenciación de necesidades energéticas entre hombres y mujeres, así como los impactos de diferentes políticas energéticas, programas y proyectos en ambas poblaciones. "Vale la pena señalar que los aspectos de género se midieron según los niveles de riqueza/pobreza, edad, sistemas de casta y otros componentes culturales que deberían ser capturados durante la recopilación de información" (Khamati-Njenga & Clancy, 2003).
2. El diagnóstico participativo de las poblaciones objetivo en términos de sus necesidades, prioridades e ingresos esperados en lo que respecta al desarrollo y en cómo las diferentes políticas energéticas, programas y proyectos pueden impactarlos. Resulta importante indicar que las mujeres y los hombres pueden beneficiarse de forma diferente por las intervenciones energéticas. Mientras que a gran escala las tecnologías energéticas de capital intensivo dirigidas a mejorar sectores formales de la economía incluyendo los cultivos comerciales y la producción mecánica de alimentos pueden beneficiar ampliamente a los hombres, las de menor escala, enfocadas en las tecnologías de energía doméstica, pueden ser más favorables para las mujeres (Khamati-Njenga and Clancy 2003).
3. La utilización de indicadores de género y de análisis de impacto de género durante la etapa de evaluación de las políticas, programas y proyectos energéticos, además de otros indicadores usados para medir la efectividad de las intervenciones energéticas.

i. El género en la planificación energética nivel político

Por lo general, el enfoque de las políticas energéticas convencionales es el suministro de energía. Sin embargo, las políticas energéticas exitosas deben estar enfocadas en promover el bienestar de la gente (hombres y mujeres por igual) a través de estrategias sostenibles y multidimensionales que respondan a una perspectiva multisectorial. Las políticas energéticas deben estar vinculadas a la política de sectores como la agricultura, la protección medio ambiental, el bienestar social, el desarrollo económico, etcétera . La Tabla 7 presenta un ejemplo de matriz de políticas con conciencia de género que resume cómo los diferentes aspectos relacionados con un desarrollo sostenible pueden abordar diversas dimensiones.

ii. El género en la planificación energética – nivel de programación

La incorporación del componente o perspectiva de género en los programas energéticos puede realizarse en los siguientes niveles o etapas:

1. Una vez finalizada la etapa de planificación de los programas de energía, antes de su implementación, con el fin de filtrar las actividades y

Tabla 7. Matriz de políticas con conciencia de género

Dimensión / Aspecto	Político	Económico	Sostenibilidad del medio ambiente	Igualdad social
Disponibilidad	Instrumentos para proporcionar una amplia gama de formas de energía	Mecanismos para estimular el sector energético	La promoción de recursos de energía limpia	Igualdad en cuanto a distribución y acceso a servicios energéticos
Asequibilidad	Mecanismos para reflejar los ingresos y el flujo de efectivo de las mujeres en los precios del combustible	Precios que reflejen los ingresos y el flujo de efectivo de las mujeres	Mecanismos para hacer asequibles las energías renovables	Aumentar el poder adquisitivo entre todos los grupos sociales a través de reducciones en las facturas de energía
Seguridad	Regulaciones de seguridad aplicadas a los equipos domésticos ahorradores de trabajo	Políticas de precios y tarifas que fomenten el cambio a combustibles y tecnologías más seguras	Promoción de tecnologías no contaminantes	Promoción de mayor bienestar y seguridad personal

Fuente: Tabla 2.5, p. 32 (UNDP, 2004)

los planes del proyecto en términos de posibles resultados perjudiciales para las mujeres.

2. En todas las etapas de planificación del programa, empezando con el marco lógico.

En general, la incorporación de la perspectiva de género en los programas y proyectos energéticos implica la identificación de los siguientes aspectos antes de cualquier actividad de planeación (Khamati-Njenga & Clancy, 2003):

a. NECESIDADES: las necesidades diferenciadas entre hombres y mujeres pueden ayudar a alcanzar estrategias de subsistencia más sostenibles.
b. LIMITACIONES PARA LA PARTICIPACIÓN: los factores que puedan impedir la participación de hombres y mujeres en cualquier programa o proyecto energético.
c. CAPACIDAD DE PARTICIPACIÓN: las diferentes capacidades de las partes interesadas en la participación energética y contribuir al éxito del programa o proyecto energético.
d. BENEFICIOS DE LA PARTICIPACIÓN: las diversas formas en las cuales hombres y mujeres puedan beneficiarse de los programas y proyectos energéticos.

La identificación temprana de estos aspectos puede encaminar directamente la planeación energética de programas y proyectos hacia alternativas viables. Por ejemplo, un programa de desarrollo energético que consistía en plantar árboles para leña en una forma sustentable fracasó en Kenia porque las mujeres de cierto grupo étnico no tienen permiso de plantar árboles mientras sus maridos estén vivos, y el rol de los hombres implica el cuidado del ganado y ningún tipo de actividad agrícola (Khamati-Njenga and Clancy 2003).

iii. El género en la planificación energética – perspectiva del proyecto

En cuanto a la planeación de un proyecto energético, pueden surgir dos situaciones: 1) una perspectiva de género integrada en el desarrollo del proyecto energético, o 2) un proyecto de tecnología sólo de energía.

1. Perspectiva de género integrada en los proyectos energéticos

Las consideraciones de género y una perspectiva de género son integradas en todas las etapas del proyecto. Durante la etapa de conceptualización, los datos de discriminación de género y otras variables sociales transversales serán usados para identificar el potencial de las partes interesadas en la intervención energética y del rol de la energía en mejorar los medios de vida de hombres y mujeres. Es importante que las partes interesadas participen en la identificación y formulación de cómo la energía impactará sus

Tabla 8. Ejemplos de proyectos energéticos dirigidos a las necesidades e intereses de las mujeres utilizando diferentes marcos analíticos de género

Tipo de energía	Necesidades e intereses de las mujeres		
	Necesidades prácticas	Necesidades productivas	Tareas de la comunidad
	Intereses prácticos	Intereses estratégico	
Electricidad	• Bombeo de agua • Molinos y/u otros equipos de procesamiento de alimentos • Iluminación en casa	• Aumento de las posibilidades de realizar actividades durante la noche • Refrigeración para la producción y venta de alimentos • Energía para empresas especializadas	• Calles más seguras que permiten la participación en las actividades de la comunidad • Acceso a la información (TV, radio, Internet)
Biomasa mejorada (tecnología de suministro y conversión)	• Mejora de la salud con la disminución del esfuerzo de recolectar combustibles como leña	• Más tiempo para actividades productivas, menor costo para procesos de calefacción	• Control de bosques naturales en las redes de gestión forestal comunitaria
Mecánica	• Molido y trituración • Bombeo de agua para consumo y cultivo	• Mayor variedad de empresas	• Transportación que permita el acceso a oportunidades comerciales y sociopolíticas

Fuente: (Clancy, Skutsch and Batchelor 2002)

Tabla 9. Ejemplos de proyectos energéticos exitosos

Localización y tipo de proyecto	Descripción del proyecto	Impacto del proyecto
Kenia Estufas eficientes (PNUD, 2004)	Las mujeres recibieron capacitación para la instalación, tarificación, gestión de archivos y atención al cliente para la comercialización de estufas eficientes en el uso de combustible implementadas primero en sus hogares.	La mejora en las condiciones de la preparación de alimentos en los hogares participantes y la generación de una actividad empresarial que dio como resultado un ingreso económico adicional.
Mali Proyecto de plataforma multifuncional, iniciativa de plataforma multifuncional de PNUD y UNIDO (Khamati-Njenga & Clancy, 2003; UNDP, 2004)	Los motores diésel en las plataformas proporcionan energía fuera de la red para aldeas rurales. Los motores pueden ser conectados a equipos para trituración, molido, descascarillado, bombeo, carga de baterías y alimentación de herramientas.	El reemplazo de la leña y del trabajo manual por equipo mecanizado conduce a la mejora de las condiciones de vida y al desarrollo de actividades productivas para hombres y mujeres por igual.
Bulevata, Islas Salomón Sistemas de micro hidroeléctricas	Mujeres capacitadas en la operación y mantenimiento de los sistemas de micro hidroeléctricas de propiedad comunitaria.	La utilización de la electricidad y del trabajo mecánico en la casa y en las actividades de producción, y el empoderamiento de las mujeres en los servicios comunitarios y roles de liderazgo.

vidas así como qué necesidades pueden satisfacerse potencialmente a través de la intervención energética. La Tabla 8 presenta un ejemplo de las necesidades e intereses de las mujeres relacionadas con posibles recursos energéticos.

Durante la formulación de proyectos, la comunidad y los planificadores del proyecto deben identificar claramente el rol de la energía en las prioridades de los ODM de acuerdo a cómo se definen por la comunidad misma. En segundo lugar, todos los interesados deben participar en un análisis iterativo de cómo las diferentes tecnologías energéticas impactarán a todos los grupos de la comunidad, desde lo doméstico a lo comunitario en una perspectiva global. Por último, las partes interesadas y los representantes de los usuarios finales deben definir sus roles durante la implementación del proyecto y el mantenimiento de éste durante un periodo prolongado de tiempo. Una vez que la elección de las tecnologías energéticas ha reducido a los candidatos viables, debe realizarse una evaluación detallada de lo bien que las tecnologías propuestas coinciden o permiten el desarrollo de todas las prioridades en conjunto. Durante la implementación del proyecto, el equilibrio de género en todas las actividades debe ser cuidadosamente monitoreado. Y la valoración del monitoreo, la evaluación y el impacto del proyecto deben realizarse a través de indicadores que consideren todos los aspectos de género, y ofrecer datos desglosados por sexo.

Los siguientes indicadores para la evaluación del impacto del proyecto incluyen una perspectiva de género, y se enmarcan dentro de lo que sugieren los ODM(UNDP 2004):

1. ODM 1 (erradicar la pobreza extrema y el hambre) = i. número de hogares pobres beneficiados (hogares encabezados por mujeres frente a hombres); ii. aumento de ingresos/actividades productivas gracias al proyecto.
2. ODM 2 (alcanzar la educación primaria universal) = inscripción, permanencia y desempeño en la escuela primaria/secundaria de niños/niñas después de que comience el proyecto.
3. ODM 3 (promover la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres) = i. efecto del proyecto en la carga diaria de trabajo de las mujeres; ii. alfabetización y formación profesional para mujeres y hombres; iii. efecto general sobre los ingresos y actividades productivas de las mujeres.
4. ODM 4, 5 y 6 (mejora de la salud) = i. cambios en número de visitas a clínicas de salud; ii. reducción de la contaminación en interiores.
5. ODM 7 (asegurar la sostenibilidad del medio ambiente) = i. aumento del acceso al agua limpia/bombeada gracias al proyecto; ii. impacto del proyecto en materia de saneamiento; iii. impacto del proyecto en la preservación y gestión de terrenos forestales; recuperación de tierras agrícolas erosionadas.

PUNA. Cotos. Comida típica. Lago Titicaca. Puno. Foto Nicole Bernex

2. Proyecto de tecnología sólo de energía

En esta situación, la perspectiva de género es usualmente integrada durante la consulta del impacto potencial o real de la tecnología en el desarrollo de las prioridades de la comunidad, ya sea en la etapa de planificación/implementación o durante la de evaluación, respectivamente. Por desgracia, este enfoque suele usarse para identificar las razones del bajo rendimiento de proyectos energéticos. Por ejemplo, el proyecto de biogás en Fateh Singh Ka Purwa India cubrió 25% o menos de las necesidades de preparación de alimentos y calefacción de la comunidad (UNDP 2004). La comunidad no fue consultada antes de la instalación de la planta de biogás comunitaria. La elección de la tecnología energética (biogás) no cubre las necesidades energéticas de los hombres (energía mecánica para bombeo de agua, molido de granos, etcétera), y las mujeres no usan el biogás para cocinar porque el gas está disponible de 8:00 am a 10:00 am, cuando las mujeres de la comunidad están trabajando al lado de los hombres en los campos.

iv. La incorporación del género en la planificación energética – necesidades en la creación de capacidades

La incorporación del componente de género, o de cualquier otro componente, en la planificación energética requiere de métodos y herramientas en todos los niveles, desde los políticos hasta el resto de los interesados en los proyectos energéticos de comunidades rurales. Un breve resumen de los requerimientos de la creación de capacidades para la incorporación del género en la planificación energética se presenta a continuación:

Tabla 10. Matriz de políticas energéticas con conciencia de género

Grupo objetivo	Necesidades en la creación de capacidades	Medio
Políticos nacionales	• Nuevos métodos y herramientas • Fortalecimiento del personal femenino	• Interacción bien estructurada con investigadores y ONG.
Implementadores de programas energéticos	• Cuestiones de género • Herramientas prácticas para hacer frente a las cuestiones de género	• Visitas demostrativas a otros proyectos y experiencias • Grupos de discusión • Visitantes
Pueblos/comunidades	• Molido y trituración • Bombeo de agua para consumo y cultivos	• Mayor variedad de empresas
ONG	• Herramientas y técnicas para incorporar a las mujeres en proyectos e iniciativas energéticas	• Talleres a nivel local • Interacción con investigadores y responsables políticos

7. Resumen y conclusiones

Este capítulo ha presentado algunos hechos importantes acerca de cómo el uso del agua, la conservación y generación de energía, así como su consumo se encuentran interrelacionados y juegan un rol importante en el desarrollo. El capítulo también subraya el hecho de que el género es una cuestión transversal en cuanto al uso de agua y energía, a partir de que las mujeres son el grupo de población más afectado por el subdesarrollo, la pobreza y el nexo entre agua y energía. Las mujeres se encuentran entre los principales usuarios de energía y agua, sin embargo, rara vez están integradas en los procesos de desarrollo y planificación de muchos países. También se ha demostrado que la calidad de vida de las mujeres y niñas a menudo es inhibida por restricciones impuestas sobre ellas por la responsabilidad de obtener los suministros de energía y agua a menudo limpia. El tiempo invertido en esta clase de esfuerzos suele impedir su desarrollo educativo y aumenta el ciclo de pobreza tan evidente en muchas zonas del mundo. "El valor del tiempo productivo ganado cuando las casas tienen acceso doméstico a agua potable es tres veces mayor de lo que cuesta proporcionarlo" (Mujeres para la Ciencia, 2006). Por otra parte, hay consecuencias negativas importantes para la salud de las mujeres como resultado de estas actividades onerosas.

La planificación de energía y agua es un componente clave de los programas de desarrollo sostenible en muchos países. Sin embargo, las necesidades específicas de las mujeres en esas áreas a menudo no son reconocidas o consideradas con el debido énfasis. Se debe prestar mayor atención a las perspectivas generales de la equidad de género y específicamente a las necesidades, problemas y preocupaciones que son particulares a las mujeres. Para facilitar este proceso, IANAS Mujeres para la Ciencia ha puesto a disposición en su página web extensas referencias y enlaces a los aspectos de género de cada uno de los Programas de IANAS, incluyendo los de Agua y Energía.

Katherine Vammen
Katherine Vammen es PhD con especialidad en Bioquímica y Microbiología de Agua de la Universidad de Salzburgo, Austria. Especialista en Calidad y Gestión de Agua. Subdirectora del Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Fundadora y Coordinadora de la Maestría Regional Centroamericana en Ciencias del Agua. Punto Focal de Nicaragua en la Red Interamericana de Academias de Ciencia. Co-Chair IANAS (Programa de Agua).
katherinevammen@yahoo.com.mx

Frances Henry
La Dra. Frances Henry es una antropóloga social y una de las expertas canadienses principales en raza, racialización y racismo en la sociedad canadiense. Su área de estudio cultural antropológica es el Caribe, donde empezó su investigación vitalicia de los movimientos religiosos de derivación africana. Ahora está jubilada como Profesora Emérita de la Universidad York en Toronto. También enseñó en la Universidad McGill en Montreal por muchos años antes de mudarse a Toronto. Ha tenido y continúa teniendo una carrera significativa de investigación y escritura y actualmente está trabajando en su decimoquinto libro. La Dra. Henry también ha participado activamente en el trabajo aplicado orientado a la comunidad, especialmente en el ámbito de las relaciones raciales y étnicas en la sociedad canadiense. Es miembro de la prestigiosa Sociedad Real de Canadá. Ha estado casada durante cincuenta y cuatro años con Jeff Henry, trinitense por nacimiento. Tiene dos hijos y cinco nietos.

Nicole Bernex Weiss
Nicole Bernex Weiss es PhD en Geografía (Universidad Paul Valéry, Montpellier, Francia). Profesor principal del Departamento de Humanidades, Pontificia Universidad Católica del Perú. Directora Académica del Centro de Investigación en Geografía Aplicada de la Pontificia Universidad Católica del Perú (CIGA-PUCP). Miembro del Comité Técnico de la Asociación Mundial para el Agua (GWP). Miembro de número de la Academia Nacional de Ciencias del Perú. Punto Nacional Focal del Programa de Aguas de la Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS). **nbernex@pucp.edu.pe.**

Patricia L. Serrano-Taboada
La doctora Patricia Taboada-Serrano realizó su licenciatura en Ingeniería Química en la Universidad Mayor de San Andrés (Bolivia), su maestría en la Universidad Simón Bolívar (Venezuela) y su Ph.D. en el Instituto de Tecnología de Georgia.Taboada-Serrano se incorporó como investigadora post-doctoral en Ciencias Ambientales y en las Divisiones de Ciencias Nucleares en el Laboratorio Nacional de Oak Ridge, donde amplió sus intereses de investigación hacia la explotación y utilización de los hidratos de gas. También colabora con dos comités para la promoción de la participación de las mujeres en la ciencia, la ingeniería y la medicina: (1) la Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS) Grupo de Mujeres Trabajando por la Ciencia, y (2) el Comité de la Mujer en Ciencia, Ingeniería y Medicina (CWSEM) de la Academia Nacional de Estados Unidos (NAS) y el Consejo Nacional de Investigación (NRC).

Mario Jiménez
Licenciado en Ciencias de la Educación con especialidad en Biología. Doctor en Medicina y Cirugía y Maestro en Epidemiología por la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN). Profesor Titular con Maestría en la UNAN. Ex profesor de investigación del Centro Nicaragüense de Investigación de Recursos de Agua (CIRA / UNAN), en agua y la salud. Participante como autor en la reciente publicación de IANAS, Urban Waters desafíos en las Américas. **mjimenezgarcia72@yahoo.com**

Gustavo Sequiera
Doctor en Medicina y Cirugía por la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Campus León (UNAN León). Doctor en Ciencias Médicas con mención de honor en Inmunología por la Universidad Friedrich-Schiller, Alemania. Especialidad en la formación de especialistas en Inmunología, y sub-especialidad en Alergología por Consejo Médico de Turingia, Alemania. Ex profesor de investigación del Centro de Investigación Nicaragüense de Recursos de Agua (CIRA / UNAN), en agua y la salud. Participante como autor en la reciente publicación de IANAS, Urban Waters desafíos en las Américas. **gustavoseq@gmail.com**

Tomás Bazán
Doctorado en Ingeniería, Universidad de Florida, EUA, 1990. Licenciatura en Ciencias de Ingeniería Energética con especialización en Ingeniería Ambiental. Maestría en Ciencia en Ingeniería Mecánica, Universidad de Wisconsin, Madison, EUA, 1982. Actividades académicas actuales: Presidente del Departamento de Energía y Medio Ambiente, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica, profesor titular en los niveles de licenciatura y posgrado. Trabajo de investigación reciente: "Los efectos combinados de la evapotranspiración y la sombra reductora de la luz solar mediante la arborización en la carga de enfriamiento de las viviendas unifamiliares"; "Diseño energéticamente eficiente de edificios altos (subvención otorgada por SENACYT)"; "Análisis del impacto de las ruedas desecantes de recuperación de calor en la reducción de la carga latente y el control de la carga parcial en condiciones de climas húmedos"; "Caracterización térmica y acústica de tablas de fibra natural para aplicaciones de aislantes para construcciones".
tbazan51@yahoo.com

Referencias

Animal Político. 1.4 millones de mexicanos dejan la pobreza extrema entre 2010 y 2012, 29 de Julio de 2013. *Animal Político.* Recuperado el 31 de Julio de 2014, de http://www.animalpolitico.com/2013/07/hay-53-3-millones-de-pobres-en-mexico/#axzz2afm3acCw

Aparco Balboa, Juan Pablo (2005). "Caracterización singular de familias vulnerables y comparación de los niveles de riesgo a la inseguridad alimentaria-nutricional en dos comunidades rurales del distrito de Ocongate-Cusco. Año agrícola 2004-2005". Tesis para obtener el grado de bachiller. Facultad de Medicina Humana, Universidad de San Marcos.

Aristizábal H., Javier D. (2013). "La energía renovable en el hábitat rural: calidad de vida y progreso". Coordinador técnico – Proyecto IICA-ATA. Colombia.

Bazilian, M., Holger R., Howells, M., Hermann S., Arent, D., Gielen D., Stteduto, P., Mueller, A,m Jinirm O,m Tik R, and Ymkella, K. (2011). Considering the Energy, Water Food Nexus: Towards an Integrated Modeling Approach. *Energy Policy.* Vol. 39, No. 12. pp. 7896-7906.

Bernex Weiss, Nicole (2005) (Ed. y co-autora). "Amanecer en el bajo Huatanay". *Diagnóstico de Both Ends and Water,* Amsterdam, 2006 http://www.bothends.org/en/Themes/Water/ Recursos Naturales del Valle de Cusco. Lima: Guamán Poma de Ayala Center.

Bloomberg (2013). China's power utilities in hot water. *Bloomberg New Energy Finance.* http://about.bnef.com/files/2013/03/BNEF_ExecSum_2013-03-25_China-power-utilities-in-hot-water.pdfCEPAL, Panaroma Social de América Latina (2013). Cepal, Naciones Unidas. Recuperado el 01 de Agosto de 2014, de http://www.asocamerlat.org/CEPAL_PanoramaSocial2013_AmericaLatina_diciembre2013.pdf

Clancy, J., Skutsch, M., & Batchelor, S. (2002). *The gender-energy-poverty nexus: finding the energy to address gender concerns in development.* London: United Kingdom's Department for International Development, DFID.

David, P. (2013). Energética. Recuperado el 26 de Julio de 2014, de http://www.energetica21.com/descargar.php?seccion=articulos&archivo=ApHH385PMoGUMlsaemy7Vt6T4fTobToFbF8XMk9T6K5mkYlMMhh7b.pdf

Dersnah, M. (2013). *A review of national MDG reports from a gender perspective - background paper for the Expert group meeting on "Structural and Policy Constraints in Achieving the MDGs for Women and Girls".* Mexico City: ECLAC & UN Women.

Encuesta Continua de Hogares (2011). INIDE. Recuperado el 01 de Agosto de 2014, de http://www.inide.gob.ni

Encuesta de Mejoramiento de Condiciones de Vida (MECOVI 2000-2002), Encuesta Continua de hogares 2003-2004, Encuesta de Hogares. 2005-2011. (2011). Instituto Nacional de Estadísticas. Recuperado el 19 de Julio de 2014, de file:///C:/Users/Gustavo/Desktop/EPOC/COMBUSTIBLE%20PARA%20COCINAR%20EN%20BOLIVIA.htm

Encuesta Permanente de Hogares - EPH (2013). Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). Recuperado el 26 de Julio de 2014, de \?\C:\Servers\Redatam\cgibin\RpBases\EPH BASE FINAL\baseR_v13\BASE EPH FINAL.doc

ENERGÍA (2006). *Incorporating women's concerns into energy policies.* Washington D.C.: United Nations Development Fund, UNDP.

Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica - EPOC (Octubre de 2013). Recuperado el 01 de Mayo de 2014, de http://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/epoc.pdf

Havet, I. (2003). Linking women and energy at the local level to global goals and targets. J. *Energy Sustainable Development,* 75 - 79.

Khamati-Njenga, B., & Clancy, J. (2003). Concepts and Issues in Gender. ENERGIA, *The Gender Face of Energy - Training Manual* (pp. 1 - 82).

Lambron, Y., & Piana, G. (2006). *Energy and Gender in Rural Sustainable Development*. Washington D.C.: Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO.

Mejía Barragán, Fabiola (2011). "Implicaciones ambientales del uso de la leña como combustible doméstico en las zonas rurales de USME". Tesis de maestría en Medio Ambiente y Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia

Pobreza energética: La biomasa como combustible (12 de junio de 2014). *Punto Cero*. Recuperado el 31 de Julio de 2014, de file:///C:/Users/Gustavo/Desktop/EPOC/Pobreza%20energ%C3%A9tica%20%20La%20biomasa%20como%20combustible.htm

Recomendaciones para el Diagnóstico y Tratamiento de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC). (01 de Enero de 2011). ALAT. Recuperado el 07 de Mayo de 2014, de http://www.alatorax.org/

Schaaf, T. (2008). *Material educativo para los países situados en zonas secas*. UNESCO Publishing .

Skutsch, M. (2005). Gender analysis for energy projects and programmes. J. *Energy Sustainable Development,* Vol. IX, No. 1.

Takada, M., Rijal, K., & Clemens, E. (2007). Gender mainstreaming - a key driver of development in environment and energy. En U. N. Fund, *Energy and Environment Practice - Gender Mainstreaming Guidance Series*. United Nations Development Fund, UNDP.

The World Bank (2012). *2012 World Development Indicators*. Washington, D.C.: The World Bank.

UK's Department for International Development (DFID) (2002). *Energy for the Poor: Underpinning the Millennium Development Goals*. London: DFID.

UNDP (2004). *Gender and Eenrgy for Sustainable Development: A toolkit and resource guide*. Washington DC: United Nations Development Programme, UNDP.

UNESCO (2012). *World Atlas of Gender Equality in Education - Gender Atlas 2012*. Washington DC: UNESCO.

What Have We Learned about Household Biomass Cooking in Central America? (01 de Enero de 2013). The World Bank. Recuperado el 31 de Julio de 2014, de Documents & reports: http://documents.worldbank.org/curated/en/2013/01/17524967/learned-household-biomass-cooking-central-america

XII Censo de Población y Vivienda (2000). Conapo. Recuperado el 31 de Julio de 2014, de http://www.conapo.gob.mx

Box

Vínculo bidireccional entre la energía y el agua

Katherine Vammen[1] | Nicaragua

1. Introducción

El agua y la energía están vinculadas en dos maneras primarias. El agua se usa en la producción de casi todos los tipos de energía y la energía es necesaria para asegurar el suministro y la provisión de agua al igual que el tratamiento de las aguas residuales. La disponibilidad de agua tiene un impacto en la cantidad del suministro de energía y la generación de energía afecta a la disponibilidad y la calidad del agua. El uso del agua para generar energía se está convirtiendo en un desafío global. A medida que la economía mundial crece a un ritmo cada vez más rápido, la demanda de agua se incrementará y acelerará más rápido que el crecimiento de la población. En algunas partes del mundo el agua continuamente tiene un precio demasiado bajo o simplemente se extrae y hay un desperdicio constante y explotación excesiva del recurso sin planes para mejorar la eficiencia. El agua subterránea se bombea sin objetivos para su sostenibilidad y esto evidentemente afectará a las necesidades de agua del futuro y también parece significar que no habrá agua adecuada para servir en todas las operaciones económicas necesarias si se continúa actuando de la misma manera ineficiente. Siempre es bueno recordar que, a diferencia de la energía, el agua no tiene sustitutos ni maneras alternativas de producir al recurso con la misma calidad. el agua también es un vínculo muy importante entre los humanos, su ambiente y casi todos los componentes del sistema económico. La seguridad del agua ha sido y se está convirtiendo en muchos casos en el tema político central en los conflictos regionales y globales. Con el aumento del cambio climático, los impactos de las condiciones de sequía podrían volverse más severos, lo cual también afecta a la gestión del vínculo bidireccional y la interdependencia entre la energía y el agua.

Los recursos mundiales de agua y energía ya están demostrando ser críticos en ciertas fases debido al cambio estacional provocado por el cambio climático y esto se incrementará de manera considerable a medida que

1. Katherine Vammen es PhD con especialidad en Bioquímica y Microbiología de Agua de la Universidad de Salzburgo, Austria. Especialista en Calidad y Gestión de Agua. Subdirectora del Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Fundadora y Coordinadora de la Maestría Regional Centroamericana en Ciencias del Agua. Punto Focal de Nicaragua en la Red Interamericana de Academias de Ciencia. Co-Chair IANAS (Programa de Agua).

las poblaciones y el consumo crezcan con la expansión de las economías. Para mantener una economía en crecimiento próspera y una urbanización cada vez más rápida de las poblaciones mundiales, es evidente que se necesitarán más recursos energéticos e hídricos para hacer frente a las necesidades en aumento.

Entre 1990 y 2000 la población global se cuadriplicó, pero la extracción de agua dulce se multiplicó por nueve. Esto definitivamente significaría que hacia 2030, con una población global en crecimiento, un aumento del consumo y una aceleración de la economía, la extracción de agua se acelerará aún más. Hay una predicción reciente de que en 2030 podría observarse un déficit global del 40% entre la demanda y la disponibilidad de agua y "se estima que más del 40% de la población global vivirá en zonas de adversidad hídrica severa para 2050". A medida que crece la demanda, la competencia por el agua se hará más aguda entre los sectores económicos y por supuesto ocurrirán más conflictos entre zonas geográficas.

"El aumento de la presión sobre los recursos exige nuevos modelos de producción y consumo. Necesitamos entender mejor las conexiones entre el agua y la energía porque las decisiones tomadas en un área tienen un impacto, positivo o negativo, en la otra. Todos los modelos de producción energética tienen consecuencias en la cantidad y calidad del agua disponible" (Irina Bokova, directora general de UNESCO en el Informe del Desarrollo Mundial del Agua, 2014).

Esta interdependencia también tiene una dimensión de pobreza y desarrollo en la que el mundo en vías de desarrollo aún tiene los mismos grupos de la población sin servicios hídricos/sanitarios y de energía o con servicios deficientes, lo que significa que los desafíos son diferentes en el mundo industrializado y en el mundo en vías de desarrollo. Se deben analizar las ganancias y los sacrificios que implica la gestión de diferentes opciones de sinergías entre el agua y la energía y poner en práctica las mejores para llegar a controlar los impactos negativos. "El agua y la energía tienen impactos cruciales en el alivio de la pobreza, de manera directa, ya que varios de los objetivos de desarrollo del milenio dependen de mejoras sustanciales del acceso al agua, los servicios sanitarios, las fuentes de energía y electricidad, y de manera indirecta, debido a que el agua y la energía pueden ser restricciones que limitan el crecimiento económico, la esperanza fundamental para la reducción de la pobreza a gran escala (Informe del Desarrollo Mundial del Agua de las Naciones Unidas, 2014a).

2. Agua para la generación de energía

La producción de energía depende del agua para su operación. Se sabe que actualmente hay un fuerte aumento de la demanda de energía. La Agencia Internacional de Energía predice que la economía mundial necesitará al menos 40% más energía para 2030 comparada con la que se necesita actualmente y esto por supuesto implica una aceleración de las tasas de uso de agua para la producción de energía (Foro económico mundial, 2011).

Se prevé que la demanda de agua para la producción de energía aumente dramáticamente a medida que las economías regionales crezcan entre 2000 y 2030 (56% en América Latina, 63% en Asia occidental, 65% en África, 78% en Asia (Foro económico mundial, 2011). La pregunta es cómo lograr este equilibrio cuando el 70% del agua ya está destinado a la agricultura.

Hoy en día se estima que el uso del agua para la generación de energía corresponde al 8% de la extracción de agua dulce globalmente y al 40% en algunos países desarrollados.

El uso de agua en la generación de energía pasa por tres componentes operativos: 1) en la producción de materias primas usadas en la generación de energía, 2) en el proceso de transformación de materias primas a energía y 3) en la entrega para el consumo (Departamento de energía de los Estados Unidos, 2007).

Con respecto al agua usada para producir gas natural y combustibles líquidos, el consumo de agua para algunos ejemplos de la producción de materias primas y la transformación de energía se presenta a continuación:

1. En las técnicas optimizadas de recuperación de petróleo y las arenas petrolíferas se requieren grandes cantidades de agua para la extracción de materias primas. En el caso de las arenas petrolíferas se usa vapor para separar el petróleo del barro

y la arena que lo rodean y se requieren fuentes de agua de alta calidad para producir este vapor. En el caso de los recursos tradicionales de petróleo y gas se usan cantidades mínimas de agua para producir materias primas y se produce agua junto con la liberación del petróleo y el gas; en el caso de los pozos de petróleo el agua se reinyecta para reforzar la recuperación del petróleo. Sigue habiendo dudas sobre los riesgos potenciales para la calidad del agua, la salud humana y la sostenibilidad ambiental a largo plazo a raíz del desarrollo de fuentes no convencionales de gas (fracturación hidráulica o 'fracking') y petróleo (arenas petrolíferas o 'tar sands') no convencionales, las cuales requieren grandes cantidades de agua. (Foro Económico Mundial, 2011). Los resultados recientes de los estudios paleolimnológicos del Laboratorio de Evaluación e Investigación Paleoecológica y Ambiental de la Universidad de Queens en cinco lagos en zonas de minería de arenas petrolíferas en Alberta, Canadá, han mostrado evidencia definitiva de impactos en la calidad del agua observados en los centros de sedimento donde aparecen concentraciones más altas de hidrocarburos aromáticos policíclicos que corresponden al momento de inicio de la minería de arenas petrolíferas; esto por supuesto se compara con los centros de lagos de control en zonas que no se están usando para la minería de arenas petrolíferas (Kurek *et al,* 2013).

2. La refinación de petróleo usa grandes cantidades de agua para el proceso de enfriamiento y adicionalmente contamina el agua con sustancias tales como petróleo, sólidos suspendidos, amoniaco, sulfuro y cromo, que en muchos casos se trata en plantas de tratamiento de aguas residuales *in situ*.
3. La producción de gas por el proceso de "fracking" usa agua para fracturar las formaciones circundantes que liberan gas en el pozo. Sin embargo, el agua necesaria para la transformación del gas para su consumo es mínima.
4. La intensidad del uso de agua para la producción de materia prima para el biocombustible por supuesto es diferente dependiendo del cultivo usado y de si se irriga o no. Por ejemplo, los cultivos de granos y de semillas aceitosas tienen un uso de agua mucho más intensivo que el petróleo. La caña de azúcar es distinta ya que normalmente no se irriga. Hay muchos problemas de contaminación de agua provocados por la producción de biocombustibles a causa de la aplicación de fertilizantes qué hacen que los nutrientes se derramen hacia los cuerpos de agua en la superficie y causen la eutroficación que lleva a los brotes de algas y las condiciones anóxicas en el agua. La transformación de materia prima a biocombustibles consume mucho menos agua que la producción de la materia prima.

"Debido a que los biocombustibles también necesitan agua para sus etapas de procesamiento, los requerimientos de agua de los biocombustibles producidos a partir de cultivos irrigados pueden ser mucho mayores que los de los combustibles fósiles. Los subsidios de energía que permiten a los agricultores extraer agua de los mantos acuíferos a tasas de extracción insostenibles han llevado al agotamiento de las reservas de agua subterránea" (Informe del Desarrollo Mundial del Agua de las Naciones Unidas, 2014a).

No se necesita mucha agua para la **minería de carbón** pero el problema principal es el impacto en la calidad del agua. El agua ácida producida en el drenaje de la mina y los montículos de desperdicios disuelven los metales de la tierra, lo cual introduce metales como plomo, zinc, cobre, arsénico y selenio en el agua y eventualmente pasa del sistema de drenaje a los afluentes de las cuencas cercanas. La intensidad de agua necesaria para transformar el carbón a líquidos es considerable y se usa agua para enfriar las cadenas de procesamiento pero esto depende del diseño técnico de la planta.

La entrega del **gas natural** y los **combustibles líquidos** no conlleva el consumo de agua.

El uso de agua en la producción directa de **electricidad** se concentra en la fase de transformación principalmente para el enfriamiento de las **plantas de generación térmica de electricidad** donde se usan dos tipos de sistemas: de ciclo cerrado y de ciclo abierto. El enfriamiento de ciclo abierto extrae agua en grandes cantidades y devuelve un alto porcentaje a la fuente pero a una temperatura mayor, lo cual causa daño ambiental a la vida acuática en los cuerpos de agua que se usan como fuentes. Los sistemas de ciclo cerrado extraen menos agua pero en realidad consumen más debido a que toda se pierde por evaporación (Kelic, 2009). El uso

del enfriamiento seco (sin agua) es una ventaja pero la eficiencia del enfriamiento es menor. El 78% de la generación de electricidad en el mundo es termoeléctrica, lo cual significa que se usan como recursos energéticos el carbón, el gas natural, el petróleo y la energía nuclear; la mayoría de estos procesos requieren enfriamiento y, como se mencionó, el agua es el medio más común. En la generación de energía, entre el 80 y el 90% del agua que se consume se usa para el enfriamiento (Foro Económico Mundial, 2011). Es importante mencionar que las turbinas de gas de ciclo combinado reducen el uso de agua a la mitad usando la menor cantidad de agua por unidad de energía producida. Sin embargo en algunos países hay inquietudes por la creencia de que crean una dependencia de las importaciones de gas y sus precios (Departamento de energía de los Estados Unidos, 2007). Definitivamente se necesitan más iniciativas para el reemplazo de los sistemas de enfriamiento con nueva tecnología diseñada para lograr una generación de energía económica y con un uso eficiente del agua, tomando en cuenta el alto porcentaje de generación de electricidad en las plantas termoeléctricas.

La **energía nuclear** requiere cantidades muy grandes de agua en la minería de uranio y en el proceso de preparar el uranio como combustible utilizable para la producción de energía; es la forma de energía que usa la cantidad más grande de agua por unidad de energía producida. Los problemas de contaminación de agua son similares a aquellos de la minería de carbón.

Las formas de energía renovables como la **hidroelectricidad**, la **energía eólica**, la **energía geotérmica** y la **energía solar** requieren poca agua para la producción de la materia prima. Lo que es aún mejor es que la generación de energía eólica y solar casi no usan agua en la etapa de producción de energía salvo para las actividades de limpieza. Sin embargo, en la conversión de la materia prima a la energía que pueden utilizar los consumidores, las formas de energía solar concentrada por lo general hacen un uso intensivo del agua.

"Desde una perspectiva del agua, las fuentes más sostenibles de generación de energía son claramente la solar fotovoltaica y la eólica. Sin embargo, en la mayoría de los casos el servicio intermitente que proporcionan las plantas de energía solar fotovoltaica y eólica se tiene que compensar con otras fuentes de energía que, a excepción de la geotérmica, sí requieren agua para mantener los balances de carga" (Informe del desarrollo mundial del agua de las Naciones Unidas, 2014a).

Se sabe bien que las inversiones y los subsidios económicos para el desarrollo de la energía renovable son menores que aquellos para el uso de combustibles fósiles. Estas inversiones para la investigación y el apoyo económico para establecer sistemas nuevos "necesitarán aumentar dramáticamente para que puedan provocar un cambio significativo en la mezcla energética global" y así reducir la demanda de agua en la interdependencia del agua y la energía.

También la **energía geotérmica** en la generación de electricidad está subdesarrollada y tiene potencial. "Es independiente del clima y tiene la ventaja de que produce una cantidad mínima o casi nula de gases de efecto invernadero (Informe del desarrollo mundial del agua de las Naciones Unidas, 2014a).

La **energía hidroeléctrica** que contribuye el 20% de la generación de electricidad mundial es un caso especial ya que el uso del agua se debe a la pérdida por evaporación. Se sabe que las presas tienen una tasa de evaporación del agua más alta que la de los sistemas fluviales naturales debido a que las presas tienen un área superficial mayor expuesta a la evaporación. Es importante señalar que Latinoamérica y el Caribe tienen el segundo potencial más grande en hidroelectricidad de todas las regiones del mundo: alrededor del 20% (del cual casi el 40% corresponde a Brasil). Ha habido una expansión masiva en proyectos hidroeléctricos hasta el punto de que este tipo de generación de energía proporciona el 65% de la electricidad total y en Brasil, Colombia, Costa Rica, Paraguay y Venezuela el porcentaje es aún mayor. En comparación, el porcentaje mundial de la electricidad total es del 16% (IEA, 2012b; OLADE, 2013). El cambio climático sin duda reducirá la continuidad y confiabilidad de este suministro energético en el futuro.

3. Energía para el suministro de agua

Se necesita energía para proporcionar un suministro de agua y en los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Específicamente se requiere energía antes del uso para la extracción, purificación y distribución del agua. Además, después del uso del agua, se necesita energía para su tratamiento y reciclaje. Así que la energía es un

recurso para bombear el agua desde su origen, para el tratamiento y luego para bombearla para ser distribuida a los consumidores y también para el tratamiento después de su uso. La electricidad está involucrado en el 80% de los costos del procesamiento y distribución municipal de agua en los Estados Unidos (EPRI, 2000). Globalmente se usa aproximadamente el 7% de la producción comercial de energía para gestionar el suministro de agua dulce del mundo.

La cantidad de energía usada para asegurar el agua potable depende del origen del agua. Debido a los costos de bombear, el agua subterránea requiere más energía que el agua superficial. Pero la ventaja que ofrece el agua subterránea es que normalmente es de buena calidad y por lo tanto requiere menos energía para su tratamiento. El bombeo de agua a lo largo de distancias grandes requiere más energía.

La **desalinización** conlleva un consumo intensivo de energía para proveer agua potable. La energía consumida depende de la calidad del agua; por supuesto que generar agua potable a partir de agua de mar requiere más energía que el agua subterránea salobre. El desecho de la salmuera restante es un problema que afecta al cuerpo de agua receptor.

Aunque en Latinoamérica y el Caribe ha habido progreso en la provisión de servicios hídricos y sanitarios (el 94% de la población tiene acceso a fuentes mejoradas de agua y el 82% tiene acceso a servicios sanitarios mejorados (WHO/UNICEF, 2013)), el costo de energía creciente presenta desafíos para la industria del agua que a menudo es un costo de operación mayor (de 30 a 40%) para los servicios de suministro de agua (Rosas, 2011). esto tiene causas múltiples desde los diseños que no ponen suficiente atención en la eficiencia energética, la pérdida de agua en el sistema de distribución, la falta de cobertura de medidores domésticos, la expansión del tratamiento de aguas residuales y la alta dependencia del agua subterránea con mayores costos de bombeo vinculados a los niveles descendientes de los mantos acuíferos.

4. Producción de energía limitada por sequía y usuarios competidores

En la última década hemos visto un aumento de las sequías y la escasez local de agua que ha interrumpido la generación de energía, provocando así consecuencias económicas graves, y por otro lado las limitaciones de la energía han restringido los servicios de agua. La situación global está marcada por el hecho de que los suministros disponibles de agua superficial no han aumentado en 20 años y a la vez los niveles de agua subterránea y los suministros están decayendo a una tasa alarmante. El impacto del cambio climático reducirá los suministros disponibles de agua dulce aún más. En las sequías pasadas se ha observado el cierre de las plantas generadoras o la disminución de la operación cuando los niveles de agua se vuelven demasiado bajos para la extracción de agua para enfriamiento o cuando la temperatura del agua de enfriamiento emitida excedería los límites permitidos. Hay muchos ejemplos de sequías que causan niveles de agua bajos acompañados de demanda de otros usos como la irrigación (Noticias de la Cuenca de Colombia, 2006) que han limitado la capacidad de las plantas de energía para generar electricidad.

Los cambios de los patrones de lluvia en el ciclo hidrológico y su efecto en los flujos de los ríos que han afectado a la operación de las presas y las plantas hidroeléctricas son una de las mayores preocupaciones de la industria energética. Por ejemplo, en 2001 la sequía en la región noroeste de los Estados Unidos redujo la producción de energía hidroeléctrica, lo cual provocó la pérdida de empleos en la industria de aluminio, que tiene un uso intensivo de energía (Plan de Mitigación de Riesgo del Estado de Washington, 2004).

Como señala el *Informe de Desarrollo Mundial del Agua de las Naciones Unidas de 2014*: Agua y energía, "las sequías están amenazando la capacidad hidroeléctrica de muchos países y varios informes concluyen que la disponibilidad de agua podría ser una restricción para la expansión del sector energético en muchas economías emergentes, especialmente en Asia" (IEA, 2012a; Bloomberg, 2013). Esto resalta la gran necesidad de enfrentar los eventos climáticos extremos en la gestión de inundaciones y sequías para la seguridad energética e hídrica, lo cual debe incluir el almacenamiento de energía y agua.

5. Conclusiones: objetivo del programa de energía y agua de IANAS

Al tratar la interdependencia del agua y la energía, es fundamental reconocer que el vínculo es diferente en ambos lados; la energía se puede generar de distintas formas pero el agua no tiene sustitutos (Clausen, 2013). Es un factor crucial de conexión entre los humanos,

nuestro ambiente y todos los aspectos de nuestro sistema económico.

Como hemos visto en esta síntesis del vínculo bidireccional entre el agua y la energía, el uso de agua en varias formas de generación de energía es una limitante para la producción. La mayoría de las formas de energía renovable en la mayor parte de las fases de producción hacen un uso mucho menos intensivo del agua y en algunos casos no necesitan agua. También se ha hecho énfasis en el hecho de que algunos procesos que forman parte de la generación de energía, como la minería, la fracturación hidráulica y el enfriamiento, provocan la contaminación de las fuentes de agua.

Es notable que las políticas o las políticas económicas que favorecen a un sector pueden significar "riesgos mayores y efectos perjudiciales en otro pero también pueden generar beneficios conjuntos" (Informe del desarrollo mundial del agua de las Naciones Unidas, 2014a). A menudo es necesario analizar e introducir diferentes valoraciones de alternativas para recibir los beneficios de sectores múltiples, es decir el agua, la energía, la agricultura, las necesidades de la población, los ecosistemas saludables que ayudan a sostener el bienestar humano y el crecimiento económico y más. El cambio climático afecta y afectará irreversiblemente a la dependencia de la energía del agua y viceversa, a la energía necesaria para asegurar el acceso a agua de buena calidad. De todo esto surge una gran necesidad de una vista sistemática para analizar las acciones tomadas en la gestión de agua y de energía (Bazilian *et al,* 2011).

Como se mencionó en el Informe de Desarrollo Mundial del Agua de las Naciones Unidas para 2014, "El desafío para los gobiernos del siglo XXI es aceptar los múltiples aspectos, roles y beneficios del agua y colocar al agua en el centro de la toma de decisiones en todos los sectores que dependen de ella, incluido el energético".

La sinergia entre la infraestructura y las tecnologías de agua y energía puede producir conjuntamente servicios de energía y agua que benefician a ambos lados del vínculo y al mismo tiempo protegen al ambiente y benefician a la población. Ejemplos de esto son la generación combinada de energía renovable que se usa en las plantas de desalinización por la recuperación de energía del agua de caño.

Pero eso no será suficiente, según lo señala el director general de la UNESCO en el comentario del Informe de las Naciones Unidas de 2014 sobre agua y energía: "Está claro que las soluciones técnicas no serán suficientes para enfrentar problemas que son sobre todo políticos, económicos y educativos. La educación para el desarrollo sostenible es esencial para ayudar a las nuevas generaciones a crear ecuaciones de ganancia mutua para el agua y la energía. La participación del sector privado y el apoyo gubernamental para la investigación y el desarrollo son cruciales para el desarrollo de fuentes de energía renovables y con un uso menos intensivo del agua". Es necesario promover las evaluaciones mutuamente reforzantes del uso de la energía y la gestión del agua en ambos lados del vínculo. Para hacer todo esto es por supuesto necesario tener más información para desarrollar sistemas basados en la sinergia que beneficien a la producción de energía y la gestión del agua con el fin de encontrar la mejor solución. Por lo tanto es definitivamente necesario construir nuevas capacidades en los administradores de los recursos hídricos y en los expertos de energía y agua que se enfocan en asegurar beneficios para las comunidades que participan en el desarrollo de nuevas soluciones junto con una visión y experiencia en el manejo de la interdependencia entre la energía y el agua.

El objetivo de los programas de energía y agua de la Red interamericana de academias de ciencia se orienta en esta dirección para promover un futuro energético sostenible y una administración de los recursos hídricos de las Américas con la contribución de científicos de todos los países participantes.

Capítulo 5

Comprendiendo la bioenergía

José Rincón | Colombia

Luís A. B. Cortez | Brasil

Resumen

El siguiente texto presenta las modernas tecnologías de conversión de biomasa, teniendo en cuenta la producción de productos sólidos, líquidos y gases y ofrece perspectivas de las alternativas más prometedoras (pellets, biogás, biodiésel y bioetanol). El capítulo también analiza la importancia relativa de estas tecnologías de conversión y respectivos productos en las Américas, prestando especial atención a los países de América Latina y el Caribe y sus mercados. Se lleva también a cabo un análisis del mercado potencial de los biocombustibles para la aviación y de las posibilidades de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector del transporte.

Introducción

Dada la necesidad de disminuir el continuo calentamiento global causado por el uso indiscriminado de combustibles fósiles, se hace necesario incrementar el uso de fuentes renovables de energía, tales como las energías solar, eólica y bioenergía proveniente de la biomasa.

El uso de la bioenergía, fue la principal fuente de calor utilizada por el hombre hasta inicios de la revolución industrial en el siglo 18. A partir de esa época se inicia la utilización de recursos fósiles representados en carbón mineral y petróleo, los cuales se formaron durante el almacenamiento y transformación geotérmica de la biomasa durante millones de años, y de nuevo, al utilizarlos como combustibles liberan el carbono almacenado, como bióxido de carbono (CO_2), el cual es la principal causa del fenómeno de calentamiento global conocido como cambio climático.

La biomasa es básicamente una fuente de energía solar almacenada por las plantas mediante el proceso de la fotosíntesis. El término "biomasa", por lo tanto, cubre una amplia gama de materiales orgánicos producidos a partir de plantas y animales, se puede recoger, almacenar y utilizar como bioenergía útil (IEA, 2014). En la actualidad, los productos de biomasa más importantes como energéticos son los bosques forestales, plantados o naturales, los cultivos dedicados como el maíz, la caña de azúcar, oleaginosas y los bosques de corta rotación; también son de interés los residuos de los cultivos agrícolas, desechos de procesamiento de alimentos, forestales, residuos sólidos urbanos (RSU), desechos de animales incluidos los humanos (IEA, 2014) . Al utilizar la biomasa como combustible en cualquiera de sus formas sólida, líquida o gaseosa, se emite bióxido de carbono, agua y se desprende la energía química al-

macenada, es la única que aporta carbono y se puede almacenar y transformar para reemplazar el petróleo y sus derivados.

El balance del uso de la energía primaria en el mundo, muestra que un 10% proviene de bioenergía, 50 EJ, la cual debido a su versatilidad, se emplea en la producción de energía térmica, eléctrica, y como combustibles de transporte, por lo cual está llamada a tener un papel importante en el futuro cercano y a ser la materia prima que de origen a los productos químicos que hoy obtenemos de los combustibles fósiles en un mediano plazo. En la Figura 1, se muestran las diferentes formas de aprovechamiento de la bioenergía dependiendo de su fuente inicial.

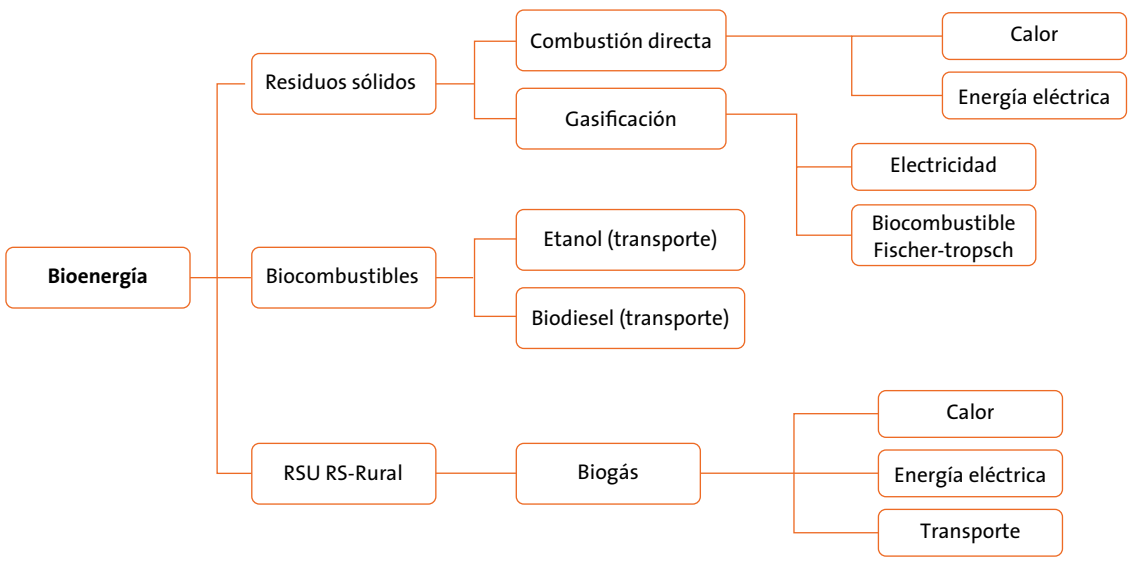
La biomasa es uno de los recursos renovables con mayor potencial de utilización en la zona intertropical (franja ecuatorial de 23° latitud norte hasta los 23° latitud sur), para la generación de energía eléctrica y térmica, ya que cuenta con condiciones ambientales adecuadas tales como humedad, temperatura y radiación solar durante todo el año.

El uso de la bioenergía es diferente según el país o región, participa con el 3% a 15% en los países industrializados, y se incrementa al 22% en los países en desarrollo, cuya utilización principal es en los sistemas de calentamiento y en la cocción de alimentos. China usó 9 EJ de biomasa para energía en 2008 seguido por India (6 EJ/año), Estados Unidos (2.3 EJ/año) y Brasil (2 EJ/año) (GBEP, 2011). En general la bioenergía, tiene un mercado en crecimiento en los países industrializados (G8) en especial los de Europa del Norte para la generación y cogeneración de energía eléctrica y calor con biocombustibles sólidos (leña). Los países localizados en el trópico, por su bajo desarrollo industrial solo utilizan la biomasa para cocción de alimentos y calefacción - uso tradicional-, no obstante, tienen la oportunidad de establecer una industria de biocombustibles tanto sólidos como líquidos para la generación eléctrica y el transporte -uso moderno- que repercutirán en altos beneficios sociales, económicos y ambientales para el beneficio local y la descarbonización global.

1. Valoracion energética de biomasa, usos y tendencias

La biomasa, desde el punto de vista energético, se utiliza comúnmente en las plantas de generación o en las de producción combinada de calor y energía (CHP) –cogeneración- ya sea como combustibles gaseosos, normalmente a escalas de 10 kW - 5 MW

Figura 1. Aprovechamiento de las diferentes fuentes de bioenergía



Fuente: Rincón J.M., Gastón R., Islas J.M.,Lizarde J.E., 2014

o como combustible sólido hasta varios cientos de MW, también sirve como materia prima en la producción de biocombustibles líquidos utilizados en el transporte, Figura 2.

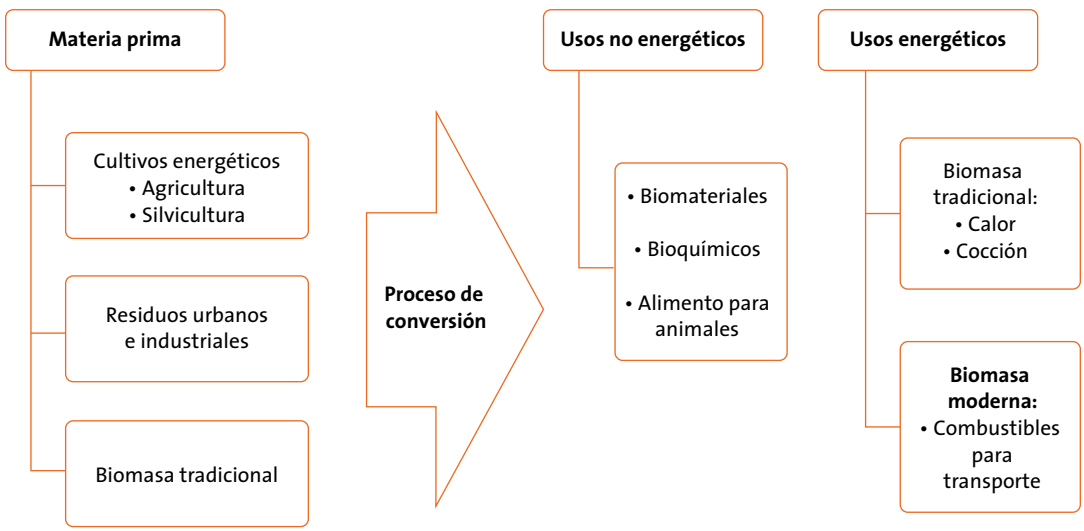
La demanda de la biomasa, creció lentamente, a una tasa media de 1,3% anual durante el periodo 1990-2010. Teniendo en cuenta las nuevas regulaciones de la EPA (EPA, 2014) que obliga a las plantas eléctricas a reducir las emisiones de CO_2 en un 30 % para el año 2030, las compañías eléctricas están desarrollando fórmulas de aprovechamiento de la biomasa a cambio de carbón como la co-combustión y co-gasificación de biomasa-carbón, o la transformación de sus centrales eléctricas a la generación exclusiva con biomasa sólida. Por lo anterior, se espera que la demanda de biomasa aumente a un ritmo anual del 10% hasta 2020, también se estima que la producción de energía con biomasa será competitiva y no tendrá necesidad de subsidios en muchos países después del 2020 y que la demanda de pellets y briquetas de madera en Europa alcanzará 29 millones de toneladas en 2020, frente a 8 millones en 2010, pero la mayor parte deberá importarse desde América del Norte, Rusia y Brasil.

La demanda global de biomasa con fines energéticos se estima en 53 EJ (1.265Mtoe - Millones de toneladas equivalentes de petróleo) (IRENA, 2014), alrededor del 86% de esta cantidad se utiliza en la producción de calor para cocinar y aplicaciones industriales como energía "tradicional" mediante quema directa y por lo general en dispositivos muy ineficientes. El 14% restante se utiliza como biomasa moderna en la generación de electricidad, en cogeneración CHP y en la producción de biocombustibles líquidos para el transporte por carretera. En los últimos cinco años, la producción de biocombustibles líquidos aumentó a una tasa promedio anual de 17% de etanol y 27% de biodiesel; la industria de la biomasa sólida también se ha expandido rápidamente, produciendo una creciente cantidad y variedad de combustibles de biomasa, así como equipos y procesos para convertirla en energía útil.

1.1 Biocombustibles Sólidos

Debido a las propiedades de la biomasa de bajo poder calorífico, alta capacidad de retención de humedad y facilidad de exposición al ataque microbiano, se han desarrollado métodos de densificación energética como torrefacción, briquetas y pelletización, que por su alta densidad y uniformidad de los productos obtenidos, hacen que estos sean ideales para su uso en sistemas de combustión automatizados y permiten su transporte masivo a largas distancias.

Figura 2. Conversión de Biomasa a Energía



Fuente: Rincón J.M., Gastón R., Islas J.M.,Lizarde J.E., 2014

Algunos países han establecido la industria de los biocombustibles sólidos mediante pellets, como Austria, Suiza y Alemania en Europa; Estados Unidos y Canadá en América, los cuales han desarrollado normas de calidad que garantizan el uso de un producto uniforme en el mercado. En la Tabla 1 se presentan las principales características de las normas adoptadas en países europeos.

Las empresas dedicadas a la producción de pellets tienen una capacidad de 2.000 a 150.000 t/año y están localizadas prácticamente en todos los países Europeos. El precio varía según el país, en el año 2006, un GJ valía 17.8 Euros en Alemania, 15.5 en Austria y Suiza, y 8 en España. El uso principal de los pellets es como biocombustible a cambio de gasóleo en pequeñas calderas, normalmente menores de 100 kW, y en hornos de calentamiento de las zonas urbanas.

Debido a la necesidad de reducir emisiones de CO_2 de Estados Unidos, se estima que deberá utilizar 5 millones de toneladas de biomasa/día. De esta manera se tendrá que recurrir a cultivos energéticos y al uso de residuos forestales y en general el uso de todo tipo de residuos Celulósicos.

En Alemania, se espera que los pellets participen en el 8% del mercado de los sistemas de calentamiento, y tendría un gasto estimado de combustible de 1.35 billones de Euros/año. De los países americanos, los Estados Unidos y Canadá poseen una industria de pellets que se utilizan a nivel doméstico y en mercado de exportación. Los precios de pellets en Estados Unidos se encuentran entre 120 y 200 dólares por tonelada (Peksa-Blanchard, 2007). China se ha apropiado de la tecnología, produce toda la maquinaria necesaria localmente, ha logrado que los costos de producción sean más bajos que los de importación y que el precio de la electricidad generada compita con el obtenido a partir de carbones de bajo rango locales y tiene un programa ambicioso, que aspira a alcanzar el 10% del total del consumo de su energía a partir de biomasa para el año 2020. En América del sur Brasil, Argentina y Chile, tienen una capacidad pequeña de producción de pellets, con lo cual satisfacen necesidades internas, pero no tiene capacidad de exportación (European Commission, 2013).

1.2 Biocombustibles Líquidos

Los combustibles sólidos proveen la mayor parte de la bioenergía a nivel mundial, seguidos de los biocombustibles líquidos, para los cuales la principal aplicación se presenta en el sector del transporte. El comercio neto de biocombustibles líquidos, etanol y biodiesel, alcanzó unos 20 millones de barriles de petróleo equivalente (120-130 PJ) en 2009 (lo que equivale a la cantidad de energía obtenida a partir

Tabla 1. Normas de calidad europeas para Pellets

Propiedad	Unidad	EN-PLUS (FprEN 14961-2)			Norma M 7135	DIN 51731	DIN plus
		A1	A2	A3			
Origen		Madera no tratada químicamente	Madera no tratada químicamente	Cualquier tipo de madera o corteza			
Diámetro	mm	6(±1) y 8(±1)	6(±1) y 8(±1)	6(±1) y 8(±1)	4 a 10	4 a 10	
Largo	mm	3.15<L<40	3.15<L<40	3.15<L<40	5*D	<50	5*D
Densidad	kg/dm³	>0.6	>0.6	>0.6	> 1.12	1.0 < D < 1.4	> 1.12
Humedad	%	<10	<10	<10	<10	<12	<10
Cenizas	%	<0.7	<1.5	<3.0	<0.50	<1,50	<0.50
PC	MJ/kg	>16.5	>16.3	>16	>18	17.5<PC<19.5	>18
Azufre	%	<0.03	<0.03	<0.04	<0.04	<0.08	<0.04
Nitrógeno	%	<0.3	<0.4	<1.0	<0.3	<0.3	<0.3
Cloro	%	<0.02	<0.02	<0.03	<0.02	<0.03	<0.02

Fuente: CONCEREAL, 2011.

de pellets). Para los biocombustibles líquidos en el sector del transporte, la región de mayor consumo de etanol en el 2011 fue América del Norte, seguida de América Latina. Europa consume el mayor porcentaje de biodiesel.

Los biocombustibles obtenidos de cultivos energéticos como el etanol de la caña y biodiesel de la palma no sólo ayudan a mitigar los Gases de Efecto Invernadero (GEI) sino que también son importantes para reducir las emisiones nocivas del aire como monóxido de carbono y material particulado proveniente de la mala combustión de la gasolina y el diésel, con lo cual también se presentan beneficios en la salud de los habitantes urbanos. Los números 3.3.1 y 3.3.2 presentan información detallada del bioetanol y el biodiesel respectivamente.

La producción de los biocombustibles líquidos de origen agrícola como los mencionados anteriormente generan residuos sólidos, bagazo de la caña de azúcar y desechos del fruto de palma, con los cuales se produce por método modernos de cogeneración, electricidad para la red central y calor residual para la obtención de biocombustible en las plantas de transformación, con rendimientos superiores al 60% frente al 30% de la plantas de generación térmica a partir de carbón; estos procesos constituyen la vía más eficaz para aumentar la competitividad de los biocombustibles y la descarbonizacion global.

1.3 Biocombustibles Gaseosos

Durante el almacenamiento de la biomasa en medio anaeróbico hay descomposición y generación de biogás que contiene como mínimo un 50% de metano, un gas de efecto invernadero 21 veces más potente que el bióxido de carbono y que se puede purificar para la producción de biometano, y ser inyectado a la red de gas natural o utilizado directamente en el transporte urbano, por esto, la utilización de la biomasa en la producción de biogás es también significativa en la generación de energía y la mitigación de emisiones de GEI.

China y la India son los países que más han usado el biogás: millones de digestores domésticos se han instalado para el tratamiento de los excrementos de la especie bovina.

El mercado de biogás es también importante en Europa, en Alemania representó alrededor del 61% del total del gas consumido como energía primaria en 2010, para este mismo país el total del calor producido sin diferenciar el tipo de sustrato (lodos de depuradora, residuos biológicos, agrícolas, industriales, rellenos sanitarios) fue de 12.930 GWh/año y se espera que para el 2020 su potencial sea 36.4 – 61.5 TWh/año (Bernd Linke Leibniz, 2015). Más de la mitad de la producción energética europea a partir de biogás es de origen alemán. En 2011, dicha producción se situó en los 10,1 millones de toneladas equivalentes de petróleo, equivalente a la mitad de la energía de los biocombustibles líquidos en todo el mundo (Business, 2014).

A principios de 2012, alrededor de 186 plantas de biogás estadounidenses estaban operando en las granjas comerciales de producción pecuaria. Biometano (biogás purificado) se produce en 11 países europeos, y en nueve de ellos se inyecta en la red de gas natural. Su uso en las plantas de cogeneración,

Figura 3. Pellets, biocombustible sólido

junto con otras aplicaciones está bien establecido en estos países, encabezados por Alemania.

Más adelante el numeral 3.3.3 presenta la información pertinente sobre biogás, concepto, ventajas y desventajas, entre otras características.

2. Biomasa en América

En toda América casi 80 millones de personas dependen de la biomasa tradicional para calentarse y cocinar, de la cual la mayoría está ubicada en Centro y Sur América. La falta de acceso a la energía es principalmente un problema rural; sólo alrededor de 1% de la población urbana carece de electricidad, mientras que la proporción rural es 28%. Debido a las limitaciones geográficas, la solución más viable, para la mayoría de la población que vive en las regiones aisladas, es la generación de energía con fuentes renovables, en especial con biomasa por ser una energía confiable durante todo el tiempo de generación, y se puede combinar con otras energías.

Estimar el potencial energético de la biomasa en América es importante para su aprovechamiento, el cual dependerá de su composición química y el tipo de biomasa para determinar sus usos. En la Tabla 2 y la Tabla 3 muestran la producción de bioenergía en el año 2011 y el potencial de bioenergía para cada uno de los países de las américas.

La Tabla 2 muestra que los países que más producen bioenergía son Estados Unidos, Brasil y Canadá respectivamente, en todos los casos la principal fuente energética se trata de solidos primarios (madera, pellets etc) y biocombustibles líquidos primarios, lo que demuestra que los biocombustibles de segunda generación aun no representan una fuente importante en el coctel energético, sin embargo según las estadísticas presentadas por la IEA, en los últimos años se ha observado un crecimiento en la producción de energías a partir de los distintos tipos de residuos de biomasa (biocombustibles secundarios), esto por la necesidad de disminuir la contaminación dada la alta producción de residuos y la emisión de exceso de gases de efecto invernadero debido al uso de combustibles fósiles, el objetivo de la investigación en este campo es el desarrollo de procesos industriales económicos que puedan tratar todos los distintos tipos de residuos para darles un valor agregado, y detener la contaminación que pone en riesgo distintos ecosistemas y nuestra propia existencia.

En la Tabla 3, se observa que el mayor potencial energético con residuos de biomasa se encuentra en Brasil, seguido de EEUU y Colombia, en esta tabla no se tuvo en cuenta todos los tipos de cultivos, por este motivo estas estadísticas pueden variar, ya que solo se tuvo en cuenta los cultivos de los que se conoce el factor residual, con esta aclaración se encuentra que el potencial energético de los residuos de biomasa en las américas corresponde a 43,0 EJ, asumiendo un factor de 4 para cultivos energéticos, el potencial estimado de bioenergía puede estar alrededor de 166 EJ.

3. Procesos de conversión de la biomasa en energía

Sabiendo de las necesidades de utilizar la bioenergía para el mejoramiento de las condiciones ambientales causadas por el uso de combustibles fósiles en especial las emisiones de monóxido y de material particulado, también es importante masificar su utilización con el fin de disminuir las emisiones de GEI causantes del cambio climático, por lo cual amerita evaluar las diferentes rutas de conversión de la biomasa con el fin de tener principios de selección de las tecnologías apropiadas para su aplicación en determinada región.

3.1 Preparación de la biomasa

El principal problema que tiene el uso de la biomasa "in natura" como energético, bien sea en la generación eléctrica o como combustible directamente, es su baja densidad energética (que corresponde aproximadamente la mitad de la del poder calorífico de carbón térmico), en segundo lugar está la alta capacidad de retención de humedad, y finalmente la degradación biológica; por esto su transporte a largas distancias no es rentable y en consecuencia debe ser utilizada en las cercanías del sitio de generación, lo cual determina el tamaño de planta o escala de utilización. El tamaño de planta, a su vez, es factor determinante en la eficiencia y ahorro económico durante la operación. La producción de pellets y la torrefacción de biomasa buscan en consecuencia, in-

Tabla 2. Resumen de producción de Bioenergía en las Américas

País	Sólidos			Gases	Líquidos (Miles de barriles día)		
	RSU (TJ)	RI(TJ) Residuos Industriales	S. Primarios (TJ)	Biogás (TJ)	Total bio-Combustibles líquidos	Bioetanol	Biodiesel
Argentina	0.00	0.00	92648.00	0.00	50.34	3.00	47.34
Bolivia	0.00	0.00	7474692.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Brasil	0.00	0.00	2711814.00	1644.00	438.06	392.00	46.05
Canadá	5229.00	4914.00	426237.00	9921.00	32.70	30.00	2.70
Chile	0.00	85.00	204913.00	362.00	0.00	0.00	0.00
Colombia	0.00	0.00	151279.00	0.00	15.00	6.00	9.00
Costa rica	0.00	0.00	30741.00	4.00	0.40	0.40	0.00
Ecuador	0.00	0.00	29371.00	0.00	0.10	0.10	0.00
España	14612.00	0.00	201458.00	12040.00	20.00	8.00	12.00
Guatemala	0.00	0.00	274756.00	0.00	4.01	4.00	0.01
Honduras	0.00	0.00	86645.00	0.00	0.02	0.00	0.02
México	0.00	0.00	344075.00	2154.00	0.40	0.30	0.10
Nicaragua	0.00	0.00	51850.00	0.00	0.20	0.20	0.00
Panamá	0.00	0.00	19493.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Paraguay	0.00	0.00	97208.00	0.00	2.22	2.20	0.02
Perú	0.00	0.00	123420.00	0.00	2.70	2.10	0.60
Uruguay	0.00	0.00	53399.00	0.00	0.40	0.20	0.20
Usa	296096.00	140155.00	2075523.00	230446.00	971.73	908.62	63.11
Venezuela	0.00	0.00	27918.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Datos estadísticos tomados del IEA y del EIA.

Tabla 3. Potencial Energético de los principales cultivos en las Américas

País/Potencial Energético (TJ)	Caña Azúcar	Jatrofa	Palma De Aceite	Caña Panela	Café	Maíz	Arroz	Banano	Plátano
Argentina	-	-		-	-	340676	-	-	-
Bolivia	3047	-	-	-	523	15768	626	54130	1179
Brasil	32425536	-	-	-	138578	852029	151902	24950	-
Colombia	1066058	-	20222	56054	33491	9144	27836	1022	9888
CUBA	382	-	-	-	-	5556	907	5707	1796
Ecuador	225332	-	45324	-	1815	12596	12793	28929	1904
Guatemala	91572	-	6997	-	2769	15324	334	9413	663
México	338	57	121	-	-	-	-	-	-
Nicaragua	357879	-	1310	-	4598	8661	-	169	421
Venezuela	368811	-	8090		3937	32065	9550	-	1071
EEUU	1325054	-	-	-	-	1651808	2089552	-	-
CANADA	-	-	-	-	-	181479	-	-	-

Fuente: Adaptado de Rincon J.M., Gastón R., Islas J.M.,Lizarde J.E., 2014.

Figura 4. Producción de bioetanol con caña de azúcar. Ingenio Providencia, Cerrito Valle del Cauca, Colombia

crementar la densidad energética para aumentar el radio de transporte económico de los pellets e inclusive llevarlo a mercados internacionales como sucede actualmente con el carbón mineral.

En los procesos industriales hay exigencias comunes para lograr mayor eficiencia como tener tamaños físicos manejables de la materia prima y un alto poder calorífico por volumen (alta densidad energética). Para el caso de residuos de cosechas agrícolas como el tallo y la espiga de arroz, gramíneas, pastos, ramas de árboles y/ó cualquier otra biomasa de baja densidad, la biomasa se somete a un pre-secado, seguido de reducción de tamaño y aglomeración a altas presiones para la formación de pellets o briquetas con mejores propiedades.

En la Figura 5, se presenta un esquema general de los diferentes procesos utilizados en la conversión, en ella se muestran dos grandes bloques: procesos termoquímicos y biológicos.

3.2 Procesos termoquímicos

Los procesos termoquímicos se clasifican como combustión directa, gasificación y pirolisis. Estos se describen a continuación.

3.2.1 Combustión

De todas las tecnologías de conversión de biomasa, la combustión es la de mayor aplicación y se encuentra en desarrollo permanente (Loo, 2014) Existe una alta oferta comercial de plantas de combustión y hay diversas opciones de integración para plantas de pequeña y gran escala. A fin de mantener su competitividad frente a otros procesos como los de gasificación y pirolisis, la tecnología de combustión se ha venido implementando constantemente (Bauen, 2009). Por razones económicas y ambientales, la co-combustión de carbón y biomasa (cofiring) es una de las opciones que ha recibido mayor interés en el mundo recientemente.

La eficiencia de transformación de biomasa a energía eléctrica en plantas térmicas que utilizan el ciclo de vapor, es cerca al 25%, y puede pasar al 30% en la co-combustión con carbón o al 60%-80% en térmicas que realizan cogeneración. Este incremento en la eficiencia, es una de las oportunidades para cambiar de tecnologías a nivel mundial y disminuir la presión del efecto invernadero. Se espera que con la combinación de estas alternativas, junto con el almacenamiento del bióxido de carbono producido en las plantas de IGCC, se logre disminuir la concentra-

ción de los gases de efecto invernadero en la atmósfera (NETL, 2008)

Dada la ventaja ambiental que presenta la utilización de biomasa, es necesario establecer estrategias que permitan su uso en la generación eléctrica sin que esto afecte demasiado los costos comparativos con otras fuentes de energía. Las estrategias más utilizadas son:

- Co-combustión carbón/biomasa (Cofiring).
- Construir plantas en zonas donde se requiera baja capacidad de generación.
- Aumentar la eficiencia utilizando el calor residual del vapor, cogeneración, (Combined Heat and Power, CHP), ejemplo de estos en Colombia y Brasil se encuentran los ingenios azucareros, en los cuales el exceso de energía se envía a la red, y la energía térmica se utiliza para los procesos de producción de azúcar de la planta; con lo que es posible tener eficiencias mayores al 60%.

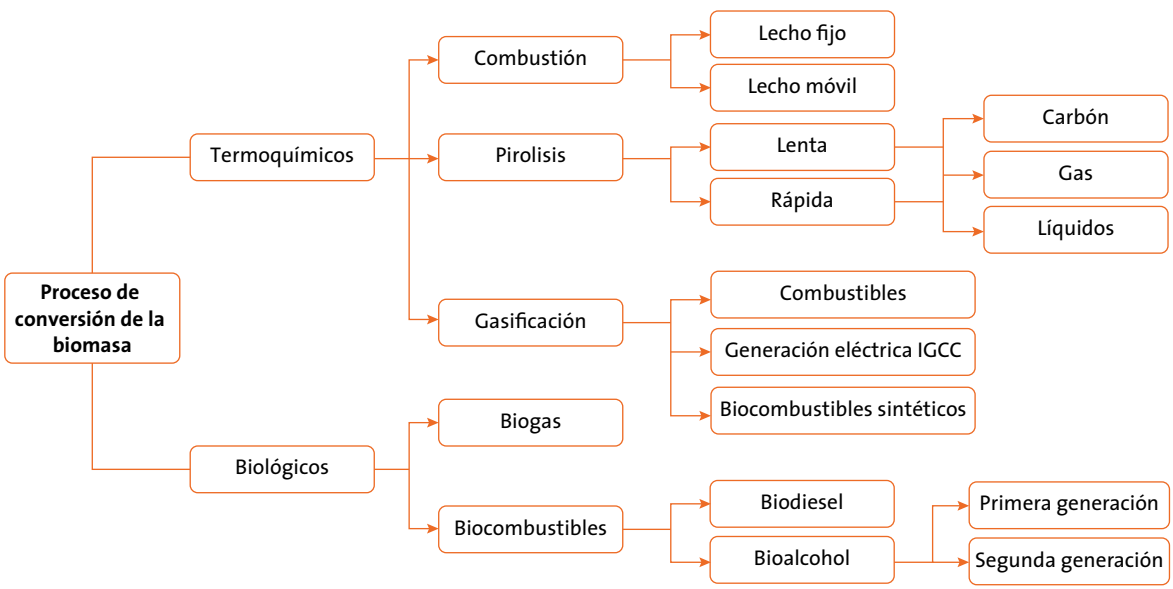
Los costos de la biomasa como combustible es el parámetro más importante en la simulación de los costos de generación de cualquier tecnología basada en la generación con biomasa, los cuales dependen de muchos parámetros, incluyendo la localización del proyecto, el tipo de biomasa utilizada como materia prima, la cantidad requerida, poder calorífico, etc (Rincón J. & Guevara P., 2013)

Como la biomasa residual proveniente de cultivos industriales tiene un valor comercial muy bajo y en algunos casos su almacenamiento puede causar problemas ambientales o logísticos, se utilizan estos residuos en la generación de electricidad la cual, como se explicó anteriormente, se genera para uso de la planta y el exceso va a la red eléctrica, como es el caso de la generación de energía eléctrica a partir de residuos de caña de azúcar, palma y arroz, las cuales están en operación en la mayoría de los países que cuentan con este tipo de cultivos, este aprovechamiento de la biomasa no compite ni con el uso del suelo, ni con la oferta alimentaria y debe ser por lo tanto motivo de evaluación en la mayoría de los países de las américas.

3.2.2 Gasificación

La gasificación de combustibles sólidos como la biomasa y/o carbón mineral, no es un proceso nuevo y ha sido utilizado a escala comercial por más de 150 años (Zhou, H., Jing, B., Zhong, Z., & Hiao, R., 2005). El desarrollo de los gasificadores aún continúa y es motivo de avances como la gasificación a presión para la

Figura 5. Procesos de conversión de la Biomasa a Energía



Fuente: Rincón J.M., Gastón R., Islas J.M., Lizarde J.E., 2014

producción de energía eléctrica en ciclo combinado (IGCC), con eficiencias globales hasta del 50%, con lo cual es posible ahorrar combustible fósil y por lo tanto proteger el ambiente en lo que respecta al efecto invernadero causado por las emisiones de CO_2. Los productos de gasificación se pueden clasificar como gas de bajo, medio y alto poder calorífico, como se muestra en la Tabla 4 (FNCE).

El gas de bajo poder calorífico es importante como combustible o como materia prima para la producción de amoniaco y metanol. El gas de medio poder calorífico, llamado también gas de síntesis, tiene una composición química similar a la de bajo poder calorífico pero sin nitrógeno; es considerablemente más versátil que el de bajo poder calorífico y se puede usar como gas para turbinas a gas y turbinas de ciclo combinado; se usa también como gas de síntesis para la obtención de metano, metanol, fertilizantes, hidrocarburos (biogasolina y biodiesel) mediante las reacciones del proceso Fisher-Tropsch (F-T), y la producción de otra gran variedad de productos químicos. Para su obtención, se reemplaza el aire por oxígeno puro en el reactor con lo cual se evita la presencia de hasta un 80 % de nitrógeno. El gas de alto poder calorífico es esencialmente metano llamado también sustituto de gas natural (SNG) y su obtención se realiza a partir del gas de síntesis mediante un ajuste estequiométrico a $3H_2/CO$ y utilizando níquel como catalizador.

En la Tabla 5 se muestran a manera de ejemplo los costos de capital asociados con el gasificador de biomasa, se presentan dos tamaños representativos de 100 kW para mini redes y 20 MW para las aplicaciones conectadas a la red. Estos costos van variando a medida que se avanza en el desarrollo tecnológico

Tanto la gasolina como el diesel se pueden obtener a partir de gas de síntesis, por vía de la gasificación de residuos sólidos orgánicos y posterior reacción por métodos convencionales como los utilizados en la planta de SASOL (gas de síntesis proveniente de carbón) en Sud África. Esta tecnología de síntesis, es bien conocida y en la actualidad hay plantas piloto en Alemania, Japón, China y Estados Unidos. El proceso de conversión de biomasa a gasolina y diésel se conoce como BTL por sus siglas en Inglés y una vez obtenido el gas de síntesis de medio poder calorífico el siguiente paso es la reacción de condensación de Fischer-Tropsch (Reacción F:T) cuyos principios son los mismos utilizados en la producción de combustibles líquidos a partir de carbón, el problema en este caso es el tamaño de los reactores los cuales son más pequeños que los utilizados comercialmente con carbón, en la actualidad varios grupos de investigación buscan disminuir los costos debidos a la economía de escala. En la Tabla 6 se muestran las plantas requeridas para alcanzar las metas trazadas por la UE para el año 2020, en procesos BTL.

En Estados Unidos existen plantas piloto de BTL, en Colorado que suministran combustibles de aviación a la fuerza aérea de Estados Unidos, por su parte en Canadá recientemente se ha construido una planta de producción de metanol a partir de gasificación de residuos RSU (Enerkem, 2014).

3.2.3 Pirólisis

Los procesos de pirólisis, consisten en el calentamiento de la biomasa a unos 600°C en ausencia de aire y están bien establecidos en los países industrializados. En ellos se obtiene un gas de pirólisis, que normalmente se utiliza como fuente de calentamiento del mismo proceso, un alquitrán o bioaceite que puede servir como combustible para motores (Bioaceite procesado) y el carbonizado o carbón de leña, que es un combustible que arde sin la producción de humos

Tabla 4. Clasificación de los gases según el poder calorífico

Producto	Características
Gas de bajo BTU (150-300BTU/ pie3)	Elaborado con aire. Contiene cerca al 50% de nitrógeno, mezcla de H_2, CO y traza de otros gases como metano.(CH_4)
Gas de síntesis o Gas de medio BTU (300-500BTU/pie3)	Elaborado con oxígeno. En su composición es predominantemente H_2 y CO con algo de metano (CH_4) y gases no combustibles
Gas de alto BTU (980-1080 BTU/pie3)	Elaborado a partir del gas de síntesis. Casi todo metano
Óxidos de azufre (SOX)	GEI, origina lluvia ácida, afecta crecimiento de vegetación

Fuente: Rincón J. , Capitulo 7: Biomasa, 2010.

apto para uso doméstico e industrial como reductor; cuando este carbonizado es amorfo como es el caso del proveniente de aserrín u otro material blando, se puede briquetear, para facilitar su manejo (ver Figura 4). La velocidad de calentamiento en la pirolisis es muy importante en la selección del producto final, velocidades de pirolisis altas y tiempos de residencias bajas (pirólisis flash), se obtienen rendimientos en alquitranes líquidos superiores a 60%, los cuales se pueden hidrogenar para mejorar su poder calorífico; cuando la velocidad de calentamiento es lenta el producto de mayor rendimiento es el carbonizado o carbón de leña.

Tabla 5. Costos de capital (US$/kW) para el sistema de generación por gasificación

Capacidad	100 kW	20 MW
Costo de equipos	2,781	1,943
Costos civiles	134	123
Ingeniería	78	45
Costo montaje	78	67
Costos de Contingencia	145	111
TOTAL	3.216	2.289

Fuente: Rincón J., 2010.

3.3 Procesos biológicos

Los procesos biológicos son utilizados principalmente en la producción de bioalcohol y biogás de primera generación, en la obtención moderna de los biocombustibles líquidos se emplean diferentes materias primas como azúcar, almidones, aceite vegetal, residuos de papel y de biomasa, los cuales se pueden procesar por métodos químicos o biotecnológicos. Los principales procesos biotecnológicos son los de fermentación para la obtención de alcohol y el biogás; también en la producción de biodiesel es importante la reacción de trans-esterificación de los aceites vegetales con metanol o etanol.

3.3.1 Bioetanol

Existen varios procesos para la obtención del alcohol carburante. El tradicionalmente usado o de primera generación, es el de la fermentación de glucosa de materias primas como del jugo de la caña, almidón de maíz y sorgo, que luego de su destilación y deshidratación, se obtiene el alcohol carburante.

La caña de azúcar es una gramínea de rápido crecimiento, es la fuente más eficiente para la obtención de azúcares y la materia prima utilizada en los países de América Latina para la producción de etanol mientras que Estados Unidos es el principal productor de bioetanol en el mundo a partir de almidón de maíz, y Brasil el segundo productor y el primero a partir de caña de azúcar. Los costos combinados con lo de la generación eléctrica son competitivos con los de los combustibles fósiles cuando se obtiene a partir de caña de azúcar, los costos de producción con almidón son más altos (C&EN, 2011). La celulosa es el producto químico orgánico natural más abundante de la tierra, por lo que la obtención de glucosa a partir de celulosa, para la producción de alcohol carburante, es la solución ideal que no compromete la seguridad alimentaria de la humanidad ni compite con el uso de suelos fértiles, por lo anterior el alcohol proveniente de la hidrólisis de la celulosa, es el combustible de segunda generación más promocionado desde la óptica ambiental. Se estima que las plantas

Tabla 6 Número de plantas de BTL requeridas para llegar a los objetivos de producción de biocombustibles de EU-25, propuestos en un lapso entre 2015-2020, en función de las capacidades de producción de plantas de diésel de primera generación

Año meta			Entrada de biomasa (MW_{th})	referencia	Capacidad (bbldia)
2015	2020				
1	6	Plantas de BTL	8.500	Carcasa katar	70.000
2	12	Plantas de BTL	4.100	Sasol katar	34.000
4	28	Plantas de BTL	1.800	Carcasa Malasia	14.700
31	199	Plantas de BTL	250	Biomasa futura	2.100
154	997	Plantas de BTL	50	Biomasa típica	410

Fuente: ECN, 2006.

de rápido crecimiento como el Swithgrass en Norte América, Pasto Elefante en el trópico y otros cultivos ricos en celulosa serán la materia prima para este proceso y que probablemente entren en el mercado en la presente década. Ya existe una planta comercial en Italia y otra en proceso de construcción en Brasil que utilizará bagazo de caña.

3.3.2 Biodiesel

El biodiesel es utilizado en motores y presenta un desempeño comparable con el diesel de petróleo. Este se produce a partir de la trans-esterificación con metanol o etanol de los triglicéridos presentes en los aceites vegetales, como los obtenidos a partir de palma de aceite, soya, higuerilla, colza, girasol y ricino. Este proceso se realiza en presencia de un catalizador básico para obtener los esteres metílicos o etílicos (dependiendo el alcohol utilizado) formando el biodiesel y la glicerina, la cual puede ser purificada y utilizada en otros campos de la industria (cosmética, farmacéutica y alimentos). En Europa el biodiesel se obtiene especialmente de aceite de canola, en Estados Unidos; Brasil y Argentina se utiliza el aceite de soya y en los países del trópico como Indonesia, Malasia y Colombia el aceite de palma. Estos biocombustibles en la actualidad, con la ayuda económica y los incentivos recibidos de los gobiernos, son competitivos con los combustibles fósiles.

El biodiesel de segunda generación se obtiene por otros métodos como el de gasificación de la biomasa para la producción del gas de síntesis y posterior reacción de Fischer-Tropsch, con lo que se obtienen los biocombustibles F-T de estructura similar a los combustibles fósiles correspondientes. Esta tecnología será muy importante en el futuro y en la actualidad se promueve para ser utilizada en la producción de biocombustibles de aviación por la compañía Norte Americana Rentech (Biofuels Digest, 2011).

La tercera generación de biocombustibles, son generalmente los aceites derivados de algas y otras especies acuáticas y se pueden procesar para ser utilizadas como Jet Fuel (NEXTFUEL, 2015)

Los hidrocarburos de estos combustibles por lo general son de mayor densidad energética que los de primera y segunda generación, no compiten por el uso de la tierra para alimentos y no causan daño al medio ambiente.

3.3.3 Biogás

El Biogás es una mezcla de gases (metano, dióxido de carbono, monóxido de carbono y otros gases en menor proporción), los cuales se generan por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica (estiércol húmedo, los residuos humanos o de restos de comida) mediante la acción de algunos microorganismos metanogénicos, en un ambiente anaerobio (ausencia de oxigeno).

La cantidad y calidad de biogás, cantidad de metano que se puede producir, depende principalmente del tipo de materia orgánica utilizada y de la temperatura de operación.

Las principales ventajas del biogás se resumen a continuación:

- Disminución de la tala de bosques, lo cual disminuye la deforestación.
- Diversidad de usos (alumbrado, cocción de alimentos, producción de energía eléctrica, transporte automotor y otros).
- El subproducto sólido se usa como fertilizante, el cual es rico en nitrógeno, fósforo y potasio, capaz de competir con los fertilizantes químicos.
- Aprovechamiento de los desechos orgánicos.

Desventajas:

- Se necesita acumular los desechos cerca del biodigestor.
- Presencia de microorganismos metanogénicos.
- Riesgo de explosión en caso de no tener las medidas de precaución correspondientes.
- El proceso metabólico microbiano es muy sensible a cambios ambientales como pH, temperatura, calidad de la materia orgánica. Pequeñas impurezas pueden afectar la supervivencia de los microorganismos.

3.4 Utilización de RSU (Waste to Energy)

La utilización de los RSU en la generación eléctrica WtE (Waste to Energy) no es nueva, desde comienzos del siglo pasado se hicieron los primeros ensayos. La principal dificultad encontrada, es el cumplimiento de las regulaciones ambientales como control de emisiones, metales pesados en la parte inorgánica, dioxinas y furanos como orgánicos y control de ácidos. El cumplimiento de las normas ambientales, incrementa los costos y los aspectos tecnológicos del proceso, pero, debido a los problemas encontrados con los rellenos sanitarios como pérdida de metano

al ambiente, lixiviados y olores, el proceso de incineración con recuperación de calor para generación eléctrica ha tomado de nuevo auge especialmente en Europa. 431 plantas en 2005, y en los Estados Unidos, 89 en 2004. Este proceso, es de interés desde el punto de vista ambiental.

Hay varios procesos de WtE como gasificación, pirólisis, combustión y fermentación o biotecnológico, cada tecnología con sus ventajas y desventajas, por este motivo es necesario hacer estudios de viabilidad técnico-ambiental, que evidencien las ventajas y desventajas, incluyendo inversión probable, antes de tomar la decisión sobre el tipo de tecnología.

Recientemente se ha dado apertura a la primera planta a escala industrial para la producción de bioenergía a partir de desechos urbanos sólidos en Edmonton Canadá, el día 4 de Junio del 2014. Esta planta tiene como objetivo el procesamiento de cerca de 100.000 toneladas de desechos por año, a partir de las cuales se obtiene como producto principal biocombustibles y como subproductos, bioquímicos de interés. De esta manera se estima que Edmonton producirá 38 millones de litros de combustibles limpios y compuestos químicos de interés, los cuales inicialmente se utilizaran para la producción de metanol (Clean Technica). Enerkem que es la compañía encargada del procesamiento de la biomasa. Asegura que este es un proceso sostenible, el cual ocurre en tan solo tres minutos; los residuos son gasificados térmicamente y posteriormente son sometidos a reacción para producir metanol.

4. Selección de la tecnología

La materia prima es la que en últimas selecciona el proceso: para madera se utiliza principalmente los procesos térmicos, debido a que los altos contenidos de lignina dificultan el desarrollo de microorganismos que intervienen en el proceso biotecnológico. Para grasas y residuos de alimentos, la ruta biológica tiene ventajas, pero cuando se parte de compuestos con altos contenidos de azúcares las rutas químicas y biológicas pueden tener igual aproximación. Además, los procesos térmicos necesitan biomasa con baja humedad y para procesos biológicos el contenido de humedad es menos importante. Otros factores a tener en cuenta en el momento de la selección de la tecnología, son la logística de manejo, el transporte, el almacenamiento, el sitio y la calidad de la materia prima.

Algunos expertos comentan, que la pirólisis flash tiene ventajas frente a diferentes tecnologías para producir gasolina, diesel y combustible jet; la hidrólisis ácida tiene el problema de la disposición y el control ambiental y también se debe considerar la escala del proyecto, los tanques de fermentación son económicos mientras que los reactores a altas presiones son demasiado costosos.

5. Mercado internacional de la Biomasa

Existe un mercado internacional en aumento de combustibles provenientes de biomasa, la Figura 6 muestra las principales rutas de transporte de biocombustibles, se observa que Brasil, Estados Unidos y Canadá son los principales productores, mientras que Europa y Asia (China y Japón) son los consumidores.

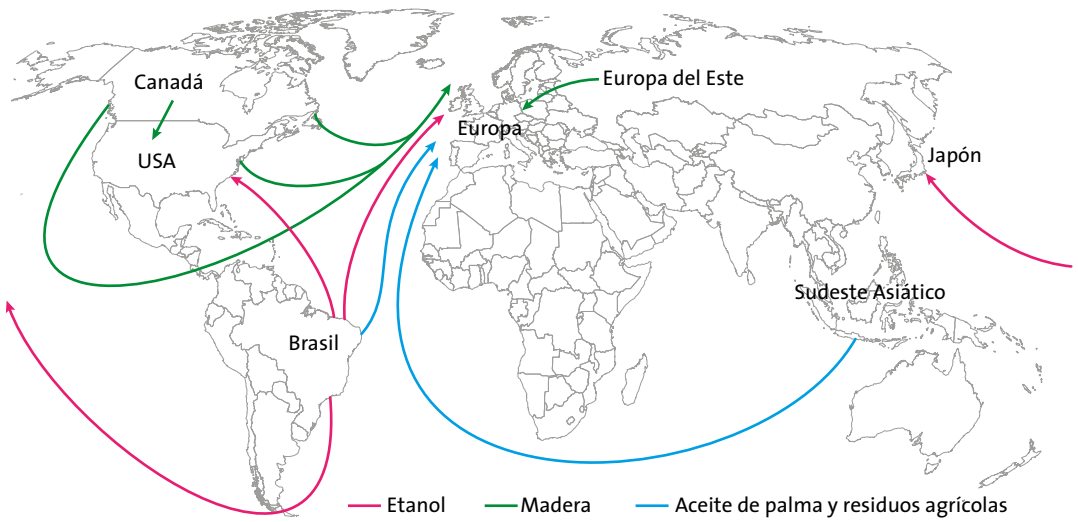
Como lo muestra la Figura 7, se espera que la biomasa sea la mayor fuente de generación eléctrica renovable en el año 2030 para Estados Unidos, el Departamento de Energía (DOE) estima que se pueden generar 45.000 MW de electricidad para el 2020 y que para ello emplearía 190.000 personas principalmente del área rural (SECO, 2010).

5.1 Biocombustibles para transporte terrestre

El transporte automotor constituye una de las actividades que genera mayor grado de contaminación ambiental debido a los gases de escape emanados de los vehículos como producto de la combustión interna (Rincón, J, M., Romero, G., Camacho, A., & Montenegro, E., 1996). Esta situación junto con la insostenible e inestable condición del mercado petrolero, ha motivado que los países realicen enormes esfuerzos para contrarrestar y atenuar esos efectos, entre los cuales el empleo de fuentes energéticas de origen natural renovable (bioenergéticas) cuenta con mayor apoyo de desarrollo tecnológico y aceptación popular.

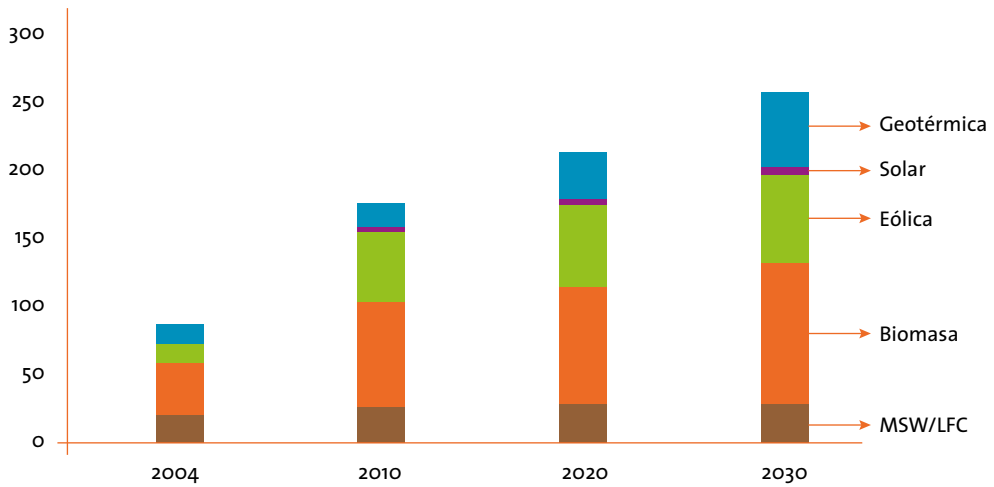
En esta tendencia, el alcohol carburante y el biodiesel, aparecen hoy como una alternativa real, viable y confiable, para reducir la emisión del dióxido de carbono, mejorar las condiciones ambientales, aliviar los problemas de disponibilidad del petróleo, favorecer el desarrollo agrícola y generar empleo con niveles justos de remuneración que como se ha mencionado son las principales metas de los biocombustibles. Hoy ambos tipos de combustibles se producen masivamente en diferentes países y existe un mercado internacional que es importante y se establece como un nuevo comodity comercial. Hay discusión sobre la dualidad alimentos versus combustibles, pero en la realidad los países que han establecido el cultivo y uso de biocombustibles han superado barreras de pobreza y sus trabajadores del campo tienen más capacidad para la compra de sus alimentos. Al entrar la agricultura en el negocio de la energía

Figura 6 Principales rutas de transporte de biocombustibles



Fuente: IEA, 2009.

Figura 7. Generación eléctrica estimada a partir de FNCE para Estados Unidos



Fuente: SECO, 2010.

existe mayor número de personas trabajando para producir la energía equivalente a la extraída en los campos petroleros y en consecuencia hay mayor distribución del dinero.

5.1.1 Alcohol Carburante

El etanol es un compuesto químico el cual tienen muchos y diversos usos. A nivel mundial el etanol es usado principalmente como combustible (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo de Perú, 2010), en la industria y en la elaboración de bebidas.

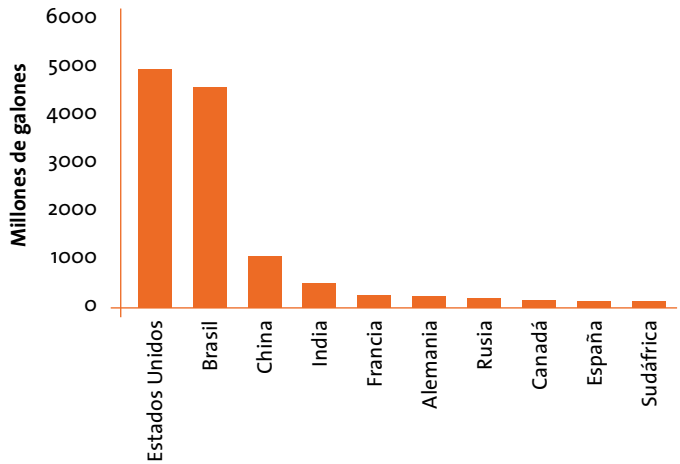
Cabe destacar que, la producción mundial de alcohol destinada al uso de combustibles se encuentra subsidiada. Los principales productores son: Estados Unidos y Brasil (ver Figura 8), que producen más del 70% del total de etanol, seguidos por China, India y Francia.

En el campo del etanol como combustible, Estados Unidos y Brasil siguen liderando la producción con cerca de 15.000 millones de galones y aparecen nuevos países como Tailandia, Filipinas, Guatemala, Colombia y República Dominicana, pues han otorgado incentivos o subsidios por parte de los gobiernos para el desarrollo de estos mercados.

Brasil, ha logrado un uso sostenible del etanol y se ha convertido en un modelo de producción para otros países. Comparado con Estados Unidos, Brasil tiene un mayor rendimiento de producción de etanol por hectárea, entre 6800 a 8000 litros de etanol, contra 3800 a 4000 litros que produce Estados Unidos. Esto se debe a que la caña, materia prima utilizada por Brasil, tiene una productividad mayor que el maíz, la materia prima utilizada en Estados Unidos. En 2006 Brasil destinó solo 1% de su área cultivable para producir el etanol, mientras que Estados Unidos destinó un 3,7% del total de tierras cultivables.

Colombia es el segundo productor de alcohol de caña de azúcar en América Latina y por su localización tiene producción durante todo el año y la mayor productividad mundial de 120 toneladas de caña hectárea año y se puede tomar como ejemplo para establecer programas similares en otros países del trópico. El programa para etanol como combustible en Colombia, comenzó con la expedición de la ley 693 del año 2001 que obligaba al enriquecimiento en oxígeno de la gasolina por motivos ambientales. Esto se hizo inicialmente para reducir las emisiones de monóxido de carbono de los carros como reemplazo del Metil Isobutil Cetona (MIBK) de origen petroquímico.

Figura 8. Principales productores de etanol en el mundo



Fuente: RFA, 2008.

Regulaciones posteriores, eximieron al etanol elaborado a partir de biomasa de algunos impuestos que gravan a la gasolina, haciendo así más económico el etanol. Esta tendencia, se vio reforzada cuando los precios del petróleo subieron, y con ello, el interés en el etanol como combustible renovable. Actualmente en Colombia, se mezcla la gasolina con el alcohol carburante en una proporción del 10% (E10).

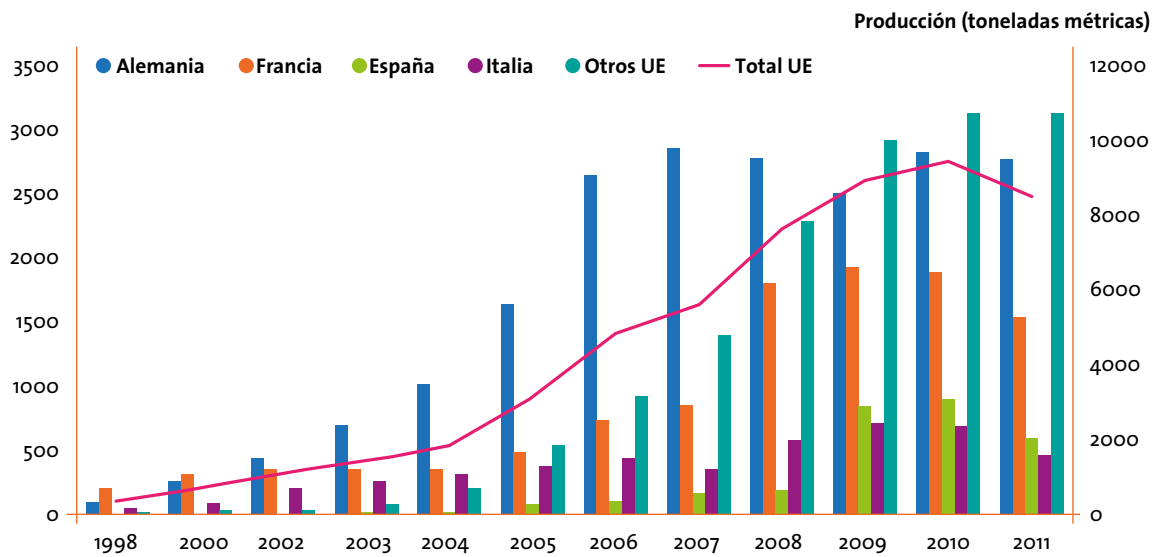
La idea de utilizar productos agrícolas tales como maíz, sorgo y caña de azúcar, para producir los biocombustibles parece no ser la solución ideal a los problemas ambientales. Así pues, el mundo busca afanosamente una materia prima para la producción de alcohol carburante, que no compita con la producción de alimentos. Una alternativa eficiente y sostenible que permite mitigar los efectos de emisión de GEI, es la producción de etanol carburante a partir de celulosa, el componente más abundante de la biomasa. En Colombia, ya se han dado los primeros pasos en este sentido, para lo cual se han tenido en cuenta las ventajas competitivas y comparativas en la producción de biomasa en las diferentes zonas del país. En el caso de la industria azucarera, se estima que es posible utilizar 2.4 millones de toneladas de bagazo que en la actualidad se producen en los ingenios, para producir 28,5 millones de litros de alcohol carburante de segunda generación (Asocaña, 2010).

Tabla 7. Producción de biodiesel en el año 2009

Región	Millones de litros	Materias primas
EU	9.848	Colza (50%), aceite de soya (40%), palma (5%), sebo (%)
U.S.A.	1.682	Soya (40%), sebo (20%), canola (20%), palma (20%)
Brasil	1.386	Soya (80%), sebo (10%), otros aceites vegetales (19%)
Argentina	1.250	Soya
Tailandia	614	Palma
Malasia	284	Palma
Colombia	205	Palma
China	191	Residuo de aceite vegetal
Korea del Sur	182	Palma (33%), soya (33%), residuo de aceite vegetal (33%)
Indonesia	170	Palma
Singapur	124	Palma
Filipinas	108	Coco
Canadá	102	Sebo
O.S. América	63	Palma
O. Europa	58	Colza
Australia	57	Sebo
Taiwan	43	Palma (33%), soya (33%), residuo de aceite vegetal (33%)
O. N & C Am	38	Palma
India	23	Residuo de aceite vegetal
O. Oceanía	6	Residuo de aceite vegetal
O. Asia	5	Residuo de aceite vegetal
Mundo	16.436	

Fuente: (S&T)2, 2009.

Figura 9. Producción de biodiesel de la Unión Europea



Fuente: EEBB, 2009.

5.1.2 Biodiesel

El uso del biodiesel se remonta al año de 1900, cuando Rudolph Diesel utilizó aceites vegetales en su motor de ignición, iniciando el camino para el uso futuro de los biocombustibles (Censolar, 2004). Durante la segunda guerra mundial en Brasil se realizaron investigaciones en este campo, pero solo hasta 1970 con la crisis energética y el elevado costo del petróleo se desarrolló la idea de forma significativa. Alemania y Austria realizaron las primeras pruebas a escala con biodiesel en el año de 1982 y en 1985 se construyó en Austria la primera planta productora de RME (Repeseed Methyl Ester), (Censolar, 2004). Hoy en día, países como Alemania, Austria, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Malasia y Suecia son pioneros en la producción, ensayo y uso de biodiesel en automóviles.

La producción mundial de biodiesel se acelerará, impulsada por los programas obligatorios de mezcla del biocombustible con diesel para la protección del medioambiente en Europa, Brasil, Colombia, Tailandia y Argentina. La Tabla 7 muestra la producción de biodiesel en al año 2009. En Mayo del 2013 la producción de Biodiesel en Estados Unidos alcanzó un record de 111millones de galones (EIA, 2014).

En Europa, el biodiesel es producido principalmente a partir del aceite de la semilla de canola (también conocida como colza o rapeseed), el cual se esterifica con alcohol metílico o etílico y comercialmente se denomina como biodiesel RME. Se utiliza en los motores diesel puro o mezclado con diesel de petróleo, en proporciones que van desde un 5% (B5) hasta un 20% (B20). En Alemania y Austria se usa puro (B100) para máximo beneficio ambiental.

Además de la colza en Europa, en los últimos años, a nivel mundial, se ha producido biodiesel a partir de soya, girasol y palma, siendo esta última la principal fuente vegetal utilizada en Malasia y Colombia para la producción de biodiesel PME y PEE (Palm Methyl Ester y Palm Ethyl Ester).

La producción de biodiesel en la Unión Europea para el año 2010 fue de 9,5 millones de toneladas métricas. Los países con mayor producción son Alemania, Francia, España e Italia. Estos cuatro países producen más del 60 % de Biodiesel en Europa (ver Figura 9).

En los últimos años, Alemania ha liderado la producción de biodiesel aumentándola significativamente, lo siguen Francia e Italia. Estados Unidos es uno de los países con mayor producción en el mundo, ha aumentado notablemente, de 100 millones de galones en 2005 a 700 millones de galones en 2008, su consumo es principalmente en autobuses escolares y transporte público. La producción Colombiana de Biodiesel es del orden de 426.000 toneladas por año.

5.1.3 Producción de Biogás

China y la India son los países que más usan biogás, millones de biodigestores domésticos se han instalado para el tratamiento de estiércoles de las especies bovinas y porcinas. Según un informe del Banco Mundial (Martinot; Planete-Engies, 2007) existen aproximadamente 10 millones de hogares en los países en desarrollo que utilizan el biogás para su iluminación. Varios países europeos, han construido instalaciones centralizadas de metanización (Dinamarca, Italia, España, Países Bajos, Alemania).

En Asia existe un elevado potencial de biogás debido a que el continente posee una gran cantidad de residuos de aceite de palma, aguas residuales y estiércol. Los países con mayor generación de energía con esta tecnología son India, las Filipinas, Malasia, Tailandia, Indonesia y China. Los objetivos de China para la producción de biogás es enviar a la red de energía eléctrica 3 GW para 2020.

En Malasia, existen alrededor de 400 molinos de extracción de aceite de palma que producen alrededor de 45 millones de efluentes (POME- Palm Oil Mill Efluent). Se estima que el potencial existente para la generación de electricidad a partir de estos efluentes está por encima de los 300 MW (Rcogenasia, 2009). En Tailandia, la capacidad instalada de las centrales de biogás está por encima de 40 MW en 2008 y el potencial estimado es superior a 300 MW.

En el continente Europeo, en los últimos años ha crecido la generación de biogás, en 2010 había instaladas y en operación cerca de 5900 plantas de biogás con una capacidad eléctrica de 2300 MW. Sin embargo en los próximos 5 años, serán construidas más de 3000 plantas de biogás con una capacidad de 1700 MW. Alemania se ha convertido en el país líder en la generación de biogás, construyó 820 plantas en 2006, aumentando el total de unidades de producción instaladas a 3,700 pasando de 1,6 a 1,9 millones de TEP (tonelada equivalente de petróleo). La produc-

ción total de biogás en Europa en el año 2006 fue de 5,35 millones de TEP de las cuales el 58% provenía de los vertederos, el 18% de las plantas de tratamiento de aguas residuales y el 24% de otras fuentes (biogás agrícola, metanización de los residuos municipales y las unidades de co-digestión).

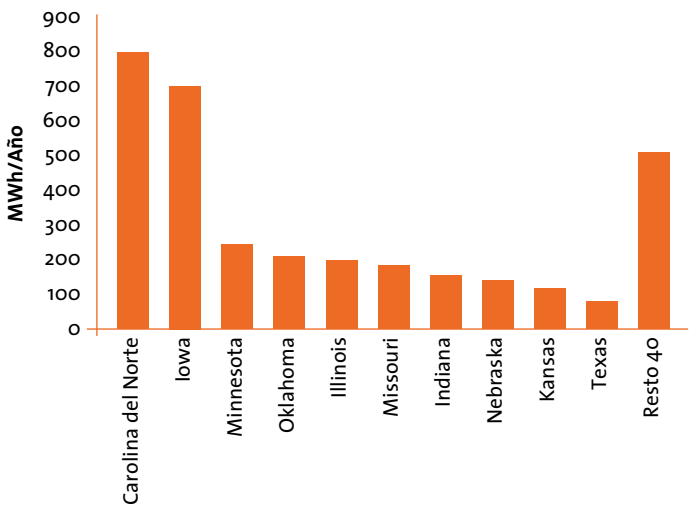
En Estados Unidos, se produce a partir de estriércol 6.332 MWh/año de las cuales 3.148 MWh/año, se producen a partir de residuos provenientes de granjas porcinas. Carolina del Norte e Iowa son los estados que más aportan (ver Figura 10). Los 3.184 MWh restantes provienen principalmente de granjas ganaderas, donde California es el estado con mayor producción.

En este país, se han buscado otras materias primas, como es el caso de suero lácteo, el cual es un residuo de la fabricación de los quesos, tal es el caso de la fábrica Fairview en Pennsylvania, propiedad de John Koller & Son, quienes con una inversión de 2,2 millones de dólares, esperan producir 40 millones de pies cúbicos de biogás (28 millones de pies cúbicos de gas natural), equivalentes a 22,4 GJ (Merrett, 2007).

En Brasil, México y Colombia hay proyectos para la obtención de biogás a partir de los desechos de los rellenos, donde se recupera el metano producido y se usa para la generación de energía. También se están realizando proyectos en compañía de la EPA, para la instalación de biodigestores en granjas porcinas, buscando reducir emisiones de GEI equivalentes a más de 100,000 toneladas de dióxido de carbón al año, dándole energía renovable a cada granja. Por otro lado, existen proyectos de construcción de pequeños biodigestores diseñados para tratamiento de aguas domésticas y proveer biogás a las familias (IRRI, 2010).

En los países de Sudamérica, se están desarrollando pequeños proyectos que buscan la producción de biogás o de energía a partir de este. Uno de ellos, en Chile, donde Metrogas y Aguas Andinas procesan biogás en la planta de tratamiento de aguas servidas, La Farfana. En este proyecto se benefician 30 mil clientes y se calcula que reducirá anualmente más de 22 mil toneladas de CO_2, equivalentes a evitar la quema de más de 8,200 toneladas de carbón al año o a la reforestación de 3.000 hectáreas de bosque. En Argentina, La empresa Citrusvil ha comenzado a producir energía a gran escala a partir de biogás. Esta es la primera planta de biogás en la provincia argentina, y la primera a nivel mundial que usa restos de limón como materia prima (Greenmomentum, 2009).

Figura 10. Generación de energía por estados en granjas porcinas



Fuente: Rcogenasia, 2009.

5.2 Biocombustibles para transporte aéreo

El actual mercado mundial de combustibles para la aviación (Jetfuel's o queroseno) es de alrededor de 5,5 millones de bpd~875 millones de litros/día (crecimiento del 4,9% por año). Según Freire (2011), la participación de los jetfuel's en las emisiones globales de GEI fue 3% y se espera que se triplique para el año 2050.

Hoy existe una creciente preocupación entorno a las emisiones generadas por la industria aeronáutica. Se señala que esta debe hacer un esfuerzo para aliviar las emisiones de GEI derivadas de los Jetfuel's. Entre los principales esfuerzos se mencionan:

- Desarrollo de motores más eficientes y la reducción de consumo de combustibles, es decir mayor eficiencia pasajeros-milla
- Optimización de las líneas aéreas
- Sustitución de Jetfuel's por biocombustibles (Biojet fuel's)

Según la IEA (2009), se espera que para el año 2030 un 30% del consumo energético en el transporte aéreo sea reemplazado por Biojet fuel's. Además, hay que tener en cuenta que existen acuerdos dentro de la industria aeronauica en torno al tema, que deben ser cumplidos en las próximas décadas. Naturalmente, un aspecto importante a considerar es que

el biocombustible utilizado en esa sustitución debe coincidir con todos los requisitos técnicos como:

- Alto poder calorífico (mín 42,8 MJ/ kg)
- Alta densidad a 15°C (entre 775 a 840 kg / m^3)
- Volatilidad adecuada (temperatura de destilación atmosférica entre 200 y 300°C)
- Bajo punto de congelación (max - 47°C)
- Viscosidad a -20° C (máx 8 mm^2 / s)
- Punto de inflamación por encima de 38°C.
- Índice de congelación menor o igual a menos 47°C (-47°C)
- La viscosidad (cSt) a -20°C y -40°C debe ser menor a 8.0 cSt y 12.0 cSt respectivamente.
- Contenido de azufre menor a 30 ppm
- Densidad de 775 -840 kg/m^3
- No soluble en agua
- Ser químicamente estable y presentar un bajo potencial de corrosión

Otras consideraciónes para la sustitución de *Jetfuel's* son:

- El combustible fósil debe ser completamente sustituible por el Biojet Fuel (combustibles drop-in, ASTM D4054). Esto significa que se puede mezclar, sin adaptación requerida o sin cambios de infraestructura.
- Presentar un bajo nivel de emisiones de CO_2 a lo largo de todo el ciclo de producción; desde el crecimiento de materia prima, transporte, procesamiento, refinación, distribución y uso final. Este es uno de los temás principales de desarrollo e investigación en Biojet fuel's.
- La producción de Biojet fuel's debe ser sostenible, es decir, no debe competir con la producción de alimentos y el uso de la tierra, debe mejorar las condiciones socioeconómicas, tener un bajo consumo de agua, generar una baja contaminación del aire y del agua, un bajo impacto negativo de la biodiversidad y de los suelos.

Estas consideraciones son factibles y por lo tanto, se prevé una sostenibilidad global de biocombustibles para la industria de la aviación en un futuro cercano.

Recientes estudios sobre los biocombustibles aeronáuticos realizados en Brasil (Cortez, 2014) dan una perspectiva de la investigación necesaria para la producción de biocombustibles sustentables para la aviación.

6. Prospectivas de la Biomasa

El incremento en la producción de bioenergía está relacionado con las políticas y ayudas económicas establecidas para promoverla. La biomasa residual agrícola y pecuaria por los problemas ambientales causados por su disposición y bajos precios es la primera opción como fuente de energía renovable para generación de energía, la sinergia entre la producción de alimentos y de bioenergía conlleva a una disminución de los precios de los alimentos, un crecimiento de la oferta de fuentes de energía, un efecto regulador en los precios de los combustibles fósiles, y evita la generación excesiva de GEI y otras sustancias contaminantes (Rincón J. M., Gastón R., Islas J. M., Lizarde J. E., 2014).

Para el caso de la dendroenergia proveniente de cultivos dedicados se debe evitar la competencia por la tierra utilizada para la alimentación ya que puede causar disminución en la oferta de alimentos, a través del desplazamiento de cultivos de carácter alimentario. Se hace necesario tener políticas claras en la regulación de las cadenas alimentarias y de energía sostenible, evaluando el efecto que pueda tener el uso de los residuos de la agricultura y establecer posibles sinergias en la producción de alimentos y generación de bioenergía.

En este Capítulo se han discutido varias rutas que permiten convertir la biomasa en energía eléctrica, calor o como energía química acumulada en la producción de biocombustibles líquidos. Actualmente la producción de calor mediante la combustión directa de la biomasa es la principal aplicación de la bioenergía en todo el mundo, debido a que está en algunos casos puede llegar a tener precios competitivos con los combustibles fósiles (Eh C), como en los ejemplos mencionados de la utilización de residuos agroindustriales en la generación de energía eléctrica y la cocción de alimentos en el campo.

Existen pocas plantas de gasificación y síntesis F-T comerciales, por la complejidad y alto costo que posee esta tecnología. Pero, es posible que a largo plazo la operación de este tipo sea rentable mediante el uso de nuevos catalizadores y el desarrollo de reactores de alta eficiencia para volúmenes más pequeños de gas de síntesis, lo cual sería importante ya que esta técnica muestra una menor emisión de contaminantes que otras técnicas que emplean biomasa

como combustible. Otras tecnologías de producción de energía con biomasa, como ciclo orgánico Rankine y motores Stirling se encuentran actualmente en un rango de pequeña escala.

En el sector del transporte, los biocombustibles de primera generación son ampliamente utilizados en varios países, como el biodiésel procedente de los cultivos oleaginosos, aceites y grasas residuales o el bioetanol cuyas fuentes principales son cultivos ricos en el almidón y azúcares. Los costos de producción de los biocombustibles actuales varían significativamente dependiendo de la demanda de la materia prima, y de sus costos de producción. Los biocombustibles de primera generación presentan grandes desafíos sociales y ambientales, aunque estos desafíos pueden ser mitigados mediante la regulación y el aseguramiento de la sostenibilidad. El desarrollo de la tecnología también está avanzando en la obtención de biocombustibles de segunda generación los cuales se basan en la biomasa no alimentaria por ejemplo, materias primas lignocelulósicas tales como residuos orgánicos, residuos forestales de alto rendimiento, leñosa o energía de cultivos y algas. La utilización de estas materias primas para la producción de biocombustibles de segunda generación podrá disminuir significativamente la presión potencial sobre el uso del suelo, mejorar la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con algunos biocombustibles de primera generación, y dar lugar a riesgos ambientales y sociales más bajos.

Es necesario el desarrollo de nuevas tecnologías de biocombustibles y el fortalecimiento de las tecnologías existentes o emergentes, y así mejorar la eficiencia, la fiabilidad y la sostenibilidad de las cadenas de bioenergía. Con lo anterior se tendría en el sector de combustión, sistemas más limpios, en el sector eléctrico, el desarrollo de los sistemas de electricidad o cogeneración más pequeños y más rentables los cuales podrían adaptarse mejor a la disponibilidad de recursos locales y en el sector del transporte, las mejoras podrían llevar a una mayor calidad y en general a biocombustibles más sostenibles.

Existen una serie de barreras para implementar la biomasa como fuente permanente de energía, entre las más comunes se tiene, la dependencia en la infraestructura energética y de las instituciones, los obstáculos financieros, incluyendo los costos de tecnologías de energía limpia, la dificultad de encontrar fuentes de financiación, los precios de los combustibles y las prácticas regulatorias que impiden la absorción de la bioenergía. En nuestro medio es poca la apropiación del conocimiento, hacen falta plantas pilotos y demostrativas que permitan formar el recurso humano con experiencia. Los ingenios azucareros están localizados en las mejores tierras y aunque producen alcohol para el transporte, energía eléctrica para la red y suficiente azúcar para el consumo humano, hay grupos que presionan asegurando que faltan políticas para evitar una crisis alimentaria. (Rodríguez, 2008).

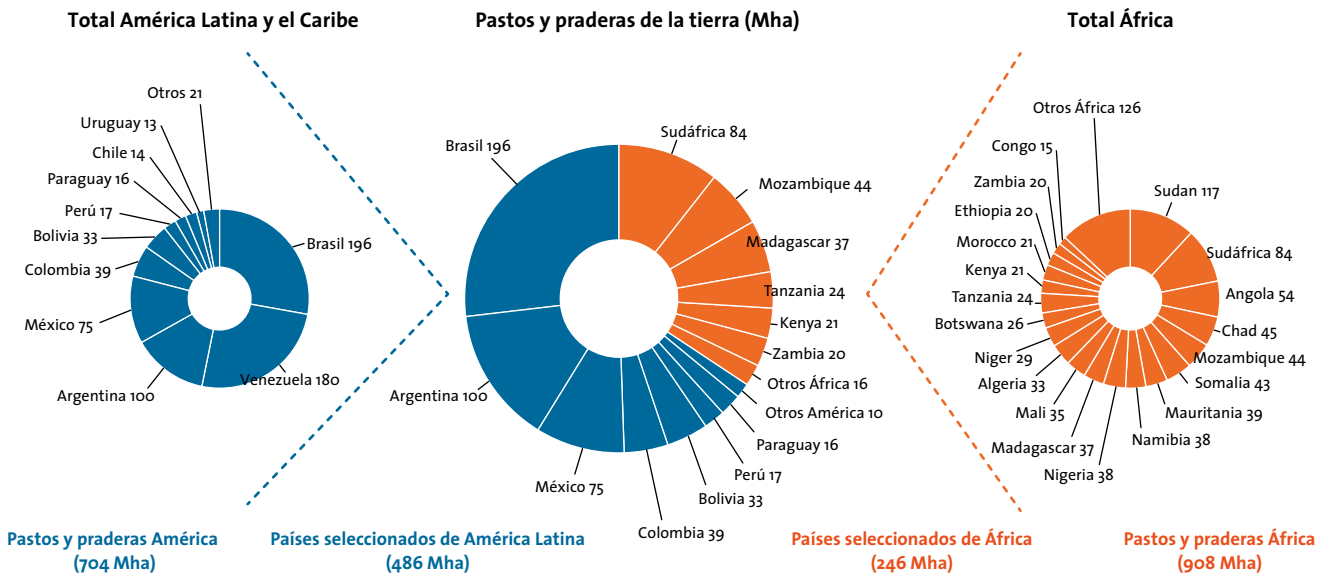
La tecnología utilizada en el uso de bioenergía, es particular para cada aplicación, es de fácil aprendizaje y desarrollo. El desarrollo de los procesos para utilización de la biomasa, permite crear empresas en los diferentes eslabones de la cadena lo cual jalona la economía, en especial de las zonas rurales ya que el uso de la biomasa, es intensiva en mano de obra en toda la cadena desde la siembra, recolección, transporte, adecuación y generación y por lo tanto se considera una fuente generadora de empleos.

En el caso de la bioenergía se propone utilizar el recurso de biomasa con la integración de los sectores rural, energético y ambiental mediante la investigación de procesos y el desarrollo de plantas demostrativas, que permitan mostrar las ventajas competitivas en el corto plazo y la instalación de plantas comerciales en el mediano y largo plazo para el uso masivo en generación eléctrica, térmica y en la producción de biocombustibles.

Según Doornbosch y Steenblik (2007), el 60% de la tierra potencialmente disponible del total mundial podría utilizarse en productos de la bioenergía en el 2050 (440Mha), de los cuales alrededor del 60% (250Mha) estará en América Latina y el Caribe y el 40% (180Mha) en África. Dado que la disponibilidad de tierras para la bioenergía se originará en gran parte de las tierras de pastoreo, la Figura 11 a continuación da un estimado por país, basado en datos de la FAO.

La escala global de la producción de bioenergía dependerá de la disponibilidad de tierras fértiles con buenas condiciones climáticas , es evidente que, si la producción de alimentos se incrementara para satisfacer las necesidades futuras y la biodiversidad protegida, básicamente el mundo dependerá de la América Latina y el Caribe y África, continentes para la futura expansión de la bioenergía.

Figura 11. Tierras disponible en África y América Latina



Fuente: FAO, 2008

El proyecto LACAf - Caña , una acción conjunta del Programa de bioenergía (BIOEN) de FAPESP e IANAS, se centra en estos dos continentes y evaluará la producción de bioetanol a partir de caña de azúcar para 4 países: Colombia, Guatemala, Mozambique y Sud Africa. Inicialmente sera realizado un diagnóstico de la situación energética y alimentaria. En seguida una evaluación del potencial agrícola y de producción de etanol. Y finalmente, una evaluación del modelo de producción de bioenergía en estos países. La producción de bioelectricidad de caña de azúcar también se considerará debido a sus impactos importantes en el desarrollo rural y su sinergia con la producción de etanol y azucar (LACAF).

7. Propuesta de un programa de reduccion de emisiones en combustibles de transporte

En la actualidad la producción de biocombustibles de transporte tanto de primera y segunda generación es más costosa que la de los combustibles fósiles y no se biseslumbra un cambio inmediato dada la gran cantidad de combustibles fósiles desarrollados recientemente por procesos como el fracking a tal punto que Estados Unidos es en la actualidad el mayor productor de petróleo y no necesita la importación de este recurso, aumentando la oferta en el mercado internación y por tanto los precios tienden a la baja (Portafolio, 2013).

Por lo anterior es necesario encontrar mecanismos que viabilicen económicamente la producción de biocombustibles sustentables, teniendo en cuenta estas consideraciones se propone la financiación de los biocombustible mediante el siguiente esquema, que consiste en:

Crear un programa de reducción de emisiones provenientes del uso de combustibles fósiles en el transporte, el cual tendrá un fondo económico mundial de investigación y desarrollo de biocombustibles, que será alimentado por gravamen a los consumidores y se recolectará a través de todos los productores de combustibles de transporte fósiles, que incluye los provenientes de petróleo, carbón y gas. Este fondo I&D aporta a la investigación y al sostenimiento económico de las plantas productoras de biocombustibles en el mundo.

En teoría esta propuesta puede sonar como una quimera pero en realidad no lo es partiendo de los siguientes supuestos:

1. Las emisiones son universales y no interesa en que parte del globo se genera la emisión o realice la mitigación.
2. Los países u organizaciones económicas se inscriben al programa de reducción de emisiones.
3. Los usuarios de los combustibles fósiles reconocen el impacto ambiental y fijan unos costos asociados a un ente de control internacional, el cual creará el fondo propuesto.
4. Los productores de biocombustibles para transporte inscritos en el programa reciben un subsidio a través del fondo de I&D creado.

Con los anteriores supuestos podemos asumir los siguientes escenarios de los países u organizaciones inscritos: (i) un país u organización, que por su tamaño o política no produce biocombustibles, lo convierte en un país aportante al fondo, (ii) un país u organización donde la totalidad de los combustibles de transporte son biocombustibles, por lo tanto es un país aceptor del fondo y (iii) un país u organización que produce biocombustibles (sin importar si es para consumo interno o exportación) y consume combustibles fósiles, por lo cual este país u organización es tanto aportante como aceptor del fondo. Sobra decir que con este mecanismo de desarrollo de los biocombustibles puede hacerse en cualquier país u organización sin importar el grado de desarrollo.

De lo anterior ya existen propuestas similares, como la realizada por Richards J. and Boom K. (Richards J. and Boom K. 2014), quienes proponen cobrar un impuesto a las principales compañías explotadoras de combustibles fósiles, y de esta manera recaudar $ 55,000 millones de dólares anuales, los cuales se emplearían en programas de reparación ambiental debido al cambio climático, en países del tercer mundo (que son los más afectados por el uso de este tipo de combustibles). Esta propuesta puede servir como principio de discusión de mecanismos plausibles para alcanzar la seguridad energética y la mitigación de las emisiones de GEI causadas por los combustibles fósiles, y de esta manera lograr la reducción de las emisiones de GEI, mediante la investigación y desarrollo de biocombustibles y en general de Energías Renovables.

Glosario

Cambio climático: es la alteración del clima de la Tierra debido a factores naturales o resultado de la actividad humana, entre ellas la quema de combustibles fósiles y deforestación, provocando una alta concentración de los llamados Gases de Efecto Invernadero.

Bioenergía: Es un tipo de energía renovable que se produce a partir del aprovechamiento de la materia orgánica e industrial formada en algún proceso biológico o mecánico, generalmente de las sustancias que constituyen los seres vivos o sus restos y residuos.

Combustibles fósiles: depósitos geológicos de materiales orgánicos combustibles que se encuentran enterrados y que se formaron por la descomposición de plantas y animales que fueron posteriormente convertidos en petróleo crudo, carbón, gas natural o aceites pesados al estar sometidos al calor y presión de la corteza terrestre durante cientos de millones de años.

Pellets: Material aglomerado, ejemplo biomasa sólida, el cual está formado por cilindros muy pequeños, de unos pocos milímetros de diámetro.

Dendroenergía: es la energía obtenida a partir de biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos primarios y secundarios derivados de los bosques, árboles y otra vegetación de terrenos forestales.

Combustibles de segunda generación: Son combustibles producidos a partir de materias primas que no son fuentes alimenticias.

Co-firing: Es la combustión conjunta de dos combustibles en un mismo dispositivo, ejemplo, biomasa-carbón

Proceso de síntesis F-T: convertir una fracción de carburantes sintéticos formada por monóxido de carbono e hidrógeno en hidrocarburos ligeros como gasolina, queroseno y gasoil por medio de un catalizador metálico.

BBL: Barriles de Biomasa liquida día

MIBK: Metil Isobutil Cetona

Bpd: billones de toneladas día

IGCC: Integrated gasification combined cycle (Gasificación integrada en ciclo combinada)

CHP: combined heat and power (cogeneración calor y potencia)

José María Rincón Martínez

Químico egresado de la Universidad Nacional de Colombia (1964), hizo sus estudios de maestría en Ciencias de Combustibles en la Universidad de Manchester, Instituto de Ciencia y Tecnología, Inglaterra. Se desempeñó como jefe de Laboratorio en Ingenio azucarero Manuelita y director de plantas químicas en Shell Colombia. Desde 1971 fue profesor del Departamento de Química de la Universidad Nacional, en donde creó el laboratorio de investigación de combustibles, y obtuvo los honores como profesor asociado y emérito. Fundador de Industrias Tecsol, empresa dedicada a investigación, y desarrollo de procesos químicos en el área energética y ambiental, cofundador de Corpoema, entidad dedicada a la consultoría en el sector energético público y privado, creó la Red Iberoamericana de Bioenergía, y fue participante de la junta editorial internacional de la revista Fuel. Miembro número de la Academia Colombiana de Ciencias, ha realizado más de 80 publicaciones, Editor del libro Energía: sus perspectivas, su conversión y utilizaciones en Colombia, y co-editor del libro Bioenergía: fuentes, conversión y sustentabilidad. Actualmente es colaborador de los Ingenios Azucareros en la evaluación del potencial de biocombustibles y desarrolla proyectos de generación eléctrica rural con energías renovables.

Luís A. B. Cortez

Profesor titular de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la UNICAMP y vicerrector de Relaciones Internacionales en la UNICAMP. En la Fundación de apoyo a la investigación científica del estado de São Paulo-FAPESP, es coordinador adjunto de Programas especiales. Ha coordinado proyectos de bioenergía como un estudio sobre la expansión del etanol de caña de azúcar en Brasil; el Proyecto de política pública para el etanol de la FAPESP en I+D para una producción sustentable del etanol, así como el libro "Sugarcane Bioethanol: R&D in sustainability and productivity" publicado en 2010. Coordinó el proyecto "Roadmap for Sustainable Biofuels for Aviation in Brazil", publicado en 2014. En la actualidad, coordina el Proyecto LACAf-I de la FAPESP para promover la bioenergía en América Latina y África, y también participa en la organización de una nueva iniciativa en bioeconomía en São Paulo, el Agropolo Campinas-Brasil.

Referencias

Biofuels Digest (2011). *The world's most widely read biofuels daily*. Retrieved from: http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2011/05/09/ontario-picks-rentech-for-1-3m-tonne-wood-biofuels-to-jet-fuel-project-can-the-us-catch-up/

(S & T) 2 (November 23, 2009). *GHG emission reductions from world biofuel*. Retrieved from http://www.globalrfa.org

REGLE (2004). Retrieved July 25, 2010 from http://www.reegle.info/countries/germany-energy-profile/DESjaak

REGLE (2004). Retrieved July 25, 2010 from http://www.ieabcc.nl

ECN (2006). Retrieved in 2014 from http://www.ecn.nl/docs/library/report/2006/c06019.pdf

Planete-Engies (2007). Retrieved in 2010 from http://www.planete-energies.com

NETL (2008). Retrieved in 2011 from http://www.netl.doe.gov/

S&T Emission Reductions from World Biofuel. (2009). Retrieved in 2010 from http://www.globalrfa.org

Asocaña (2010). Retrieved in 2010 from El futuro del alcohol de segunda generación en el sector sucro - alcoholero colombiano: http://www.asocana.org/

Censolar (2010). Retrieved in 2010 from http://www.eco2site.com

Ministerio de Comercio Exterior y Turismo de Perú (2010). Retrieved in 2010 from http://www.mincetur.gob.pe

SECO (2010). Retrieved in 2010 from http://www.seco.cpa.state.tx.us

Rentech (2013). Retrieved in 2013 from www.rentechinc.com

Clean Technica (2014). Retrieved in 2014 from http://cleantechnica.com/2014/06/09/first-industrial-scale-municipal-solid-waste-biofuel/

EPA (2014). Retrieved (falta mes) 6, 2014, from 2. http://www2.epa.gov/sites/production/files/2014-05/documents/20140602proposal-cleanpowerplan.pdf

Bauen, A. B. (05 de 2009). *Bioenergy- A sustainable and reliable energy source*. Retrieved from http://www.ieabioenergy.com

Bernd Linke Leibniz, I. f.-B (2015). *IEA Bioenergy Task 37*, Berlin, Germany. ATB.

Boom, J. R. (2014). Carbon majors Funding loss and Damage.

Business, T. G. (June de 2014). *ie Business School*. Retrieved from Be ahead of the energy future: http://www.ie.edu/executive/management/IEP%C2%B4S/RENEWABLE%20ENERGY/The%20Global%20Renewable%20Energy%20Business%20brochure%20June%202014.pdf

C&EN, C. a. (2011). Retrieved from http://cen.acs.org/magazine.2011.all.asc.0.html

Censolar ((Falta mes) 2, 2004). *Biodiésel en el mundo*. Retrieved from http://www.eco2site.com

CONCEREAL (2011). *Norma Europea sobre la calidad del pellet: EN 14961-2*. Retrieved from http://www.concereal.es/norma_EN14961-2

Cortez, L. (2014). *Roadmap for sustainable aviation biofuels for Brazil*. (Blucher, Ed.) Retrieved from http://blucheropencacc ess.com.br/issues/details/4

EEBB (2009). *The EU biodiesel industry*. Retrieved from http://www.ebb-eu.org

EIA (s.f.). Retrieved in 2014, from http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=12331

EIA (s.f.). Retrieved in 2014, from http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=79&pid=79&aid=1&cid=r1,r2,&syid=2007&eyid=2011&unit=TBPD

EIA (2014). *U.S. Energy Information Administration*. Retrieved from http://www.eia.gov/forecasts/aeo/

Energy. Gov. (undated). Retrieved from http://www.energy.gov/

Enerkem (2014). Retrieved June 2015, de http://enerkem.com/

EPA (June 2, 2014). *Regulatory Impact Analysis for the Proposed Carbon Pollution Guidelines*. Retrieved from www2.epa.gov/sites/production/files/2014-06/documents/20140602ria-clean-power-plan.pdf

European Commission, E. (2013). *Producción e importaciones de energía*. Retrieved from http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Energy_production_and_imports/es

FAO (11 de 2008). Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Climdata Rainfall Database. Rome United Nations Food and Agriculture Organization, Sustainable development department, agrometeorology group, 1997. In: BNDES & CGEE; Bioetanol de cana-de-azucar*. Rio de Janeiro

GBEP, G. B. (December 2011). *The Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy*. Retrieved from http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/Indicators/The_GBEP_Sustainability_Indicators_for_Bioenergy_FINAL.pdf

IEA (11 de 06 de 2010). IEA. Retrieved in 2014, from http://www.iea.org/aboutus/glossary/b/

IEA (2014). *Renewable Energies*.

IRENA, I. R. (September 2014). *Global Bioenegy Suppy and Demand Projects*. Retrieved from https://www.irena.org/remap/IRENA_REmap_2030_Biomass_paper_2014.pdf

IRRI (2010). *Biodigestores para familias rurales*. Retrieved from http://www.irrimexico.com

LACAF (s.f.). *Bioenergy contribution of Latin America & Caribbean and Africa to the GSB Project*. Retrieved from http://bioenfapesp.org/gsb/lacaf/

Loo, S. v. (June 2014). *Biomass Combustion and Cofiring*. Retrieved from http://www.ieabcc.nl

Merrett, N. (2007). *Cheese waste offers whey for energy cost cutting*. Retrieved from http://www.foodproductiondaily.com

NETL (November 2008). *Carbon Sequestration Atlas of the United States and Canada*. Obtained from: The U.S. Department of Energy .

NEXTFUEL (February 26, 2015). *Portal de información y noticias sobre biodiesel y energías renovables*. Retrieved from Biojet, aerolíneas de Japón volarán con biocombustibles at 2020: http://biodiesel.com.ar/8999/biojet-aerolineas-de-japon-volaran-con-biocombustibles-en-2020

Parveen Fatemeh Rupani, R. P. (2010). Review of Current Palm Oil Mill Effluent (POME) Treatment Methods. World Applied Sciences Journal, 70-80.

Peksa-Blanchard, M. (2007). *Global wood pellets markets and industry: policy drivers, market status and raw material potential*. Minnesota: I.B.T. 40.

Planete-Engies (2007). Retrieved from http://www.planete-energies.com

Portafolio (November 12, 2013). *EE.UU. será el mayor productor mundial de petróleo en 2015*. Retrieved from http://www.portafolio.co/internacional/el-mayor-productor-mundial-petroleo-2015

Rcogenasia (2009). *Your search for sustainable solution in energy and environment ends here*. Retrieved from http://www.rcogenasia.com

RFA (2008). *Producción mundial de combustible etanol*. Retrieved from http://www.ethanolrfa.org

Rincón J. & Guevara P. (2013). *Generación de electricidad con biomasa*. CREG.

Rincón J. & Mejía R. & col. (2014). *Bioenergía: fuentes, conversión y sustentabilidad*. Bogotá: Red de Bioenergía .

Rincón J.M., Gastón R., Islas J.M.,Lizarde J.E. (2014). Potencial de la biomasa y perspectivas en diferentes paises. In R. M. Electo (Ed.), *Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad*. Bogotá, Colombia: Red Iberoamericana de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos en Producción de Energía.

Rincón, J, M., Romero, G., Camacho, A., & Montenegro, E. (1996). *Combustibles de transporte y medidas para reducir la contaminación. Uso de combustibles oxigenados a la altura de Bogotá*. Bogota: Universidad Nacional.

Rincón, J. (December 30, 2010). *Capítulo 7: Biomasa*. Retrieved from Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia PDFNCE: http://www.upme.gov.co/Sigic/DocumentosF/Vol_2_Diagnostico_FNCE.pdf

Rincón, J. (2013). Formulación de un Plan de Desarrollo para las Fuentes No Convencionales de Energía en Colombia (pdfnce) . *Volumen 3 - Elementos de política, riesgos ante el cambio climático, complementariedad entre las FNCE y el sin, y costos indicativos de l*.

Rincón, J., & Guevara, P. (2013). *Generación de electricidad con biomasa; Creg*. Creg.

Rodríguez, M. (2008). *Los biocombustibles en Colombia a debate*. Foro de Biocombustibles.

SECO (2010). Retrieved from http://www.seco.cpa.state.tx.us

Zhou, H., Jing, B., Zhong, Z., & Hiao, R. (2005). Airsteam coal partial gasification in an atmosphere fludized bed. *Energy and Fuels*, 1619-1623. iedinde x3fm?tid=79&pid=79&aid=1&cid=r1,r2,&syid=2007&eyid=2011&unit=TBPD

Box

Proyectos de energías renovables en la República Dominicana

Julian Despradel[1] | República Dominicana

Marco legal: Ley 57-07 para promover los Proyectos de Energías Renovables en la República Dominicana

Proyectos desarrollados que se integrarán a la red nacional:

1. Solar:

a. Parque solar de Monte Plata (inicia operaciones en abril de 2016). Ubicación: Monte Plata. Capacidad: 30 mW primera fase. 30 mW segunda fase.
Persona de contacto:
Ing. Alfonso Rodriguez Villalba
a.rodriguez@soventix.com

2. Viento:

a. Quilvio Cabrera
Ubicación: Quancho, Perdenales
Capacidad: 8 mW

b. Parque eólico Los Cocos
Ubicación: Quancho, Perdenales
Capacidad: 80 mW

c. Parque eólico Larimar (inicia operaciones a mediados de 2016)
Ubicación: Quancho, Perdenales
Capacidad: 50 mW

Persona de contacto: (de todos los proyectos)
Ing. José Rodríguez: rodriguezj@egehaina.com

3. Biomasa:

Planta de Bioenergía San Pedro (inicia operaciones a mediados de 2016)
Ubicación: San Pedro de Macoris
Capacidad: 30 mW

Persona de contacto:
Ing. Cesar Santos
cesar.santos@spbesa.com

Proyectos integrados con el "Reglamento de Medición Neta": (iniciados en 2012)

Estos proyectos son sistemas fotovoltaicos solares instalados en viviendas y edificios comerciales.

Biodigestores de residuos animales (granjas de cerdo y pollo)

Se han construido cerca de 20 biodigestores de diferentes tamaños y capacidades y otros tantos se encuentran en construcción en granjas de cerdo y pollo para la autogeneración de electricidad.

Persona de contacto:
TerraLimpia: www.terralimpia.com
Ing. Carlos Porrello: cporrello@terralimpia.com

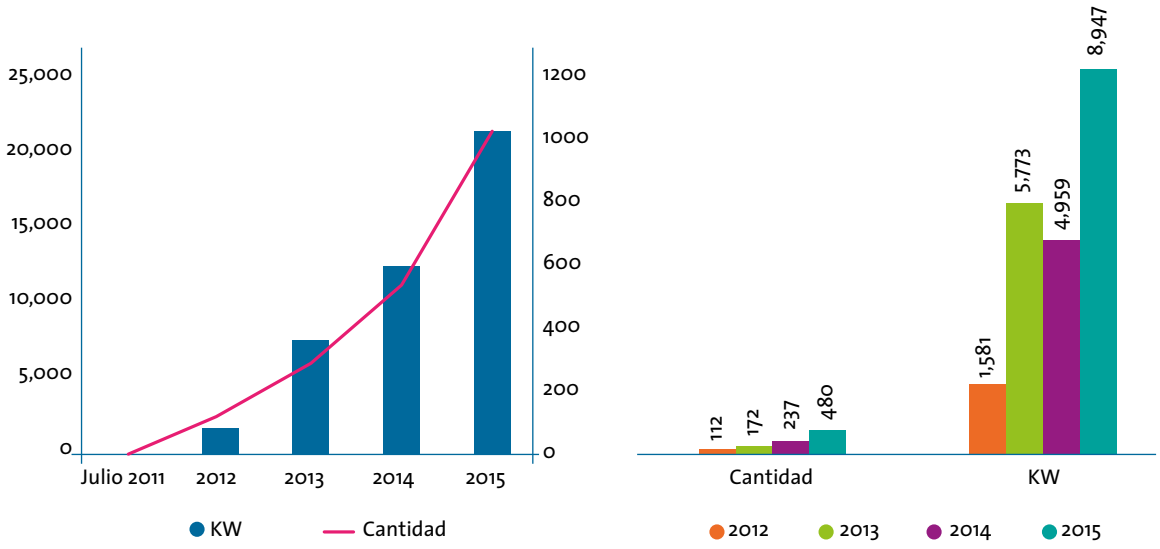
Total de proyectos instalados a diciembre de 2015

Empresa	Clientes	Capacidad instalada kW
Cap Cana Caribe	2	33
CEB	2	10
CEPM	33	896
Corp. Punta Cana	6	240
Costasur Dominicana	1	8
EDEESTE, S.A.	86	1,662
EDENORTE Dominicana, S.A.	475	10,127
EDESUR Dominicana, S.A.	325	7,884
El Limón	8	26
Luz y Fuerza	63	325
Puerto Plata Electricidad	1	50
Total	**1002**	**21,260**

Fuente: National Energy Comision (CNE). www.cne.gob.do

1. Consultor de Energía Renovables y Eficiencia Energética. julian_despradel@yahoo.com

Parque solar de Monte Plata en República Dominicana, con capacidad para generar 30 mW en su primera fase



Fuente: National Energy Comission (CNE): www.cne.gob.do

Capítulo 6

Los camiones cargados de plantas de caña de azúcar entran en el molino de la planta de procesamiento Nova Olimpia en Mato Grosso, Brasil.

Bioenergía

Condiciones actuales y perspectivas para la bioenergía en América Latina y el Caribe: análisis del etanol de caña de azúcar

Carlos Brito-Cruz | Brasil

Luís A. B. Cortez | Brasil

Luiz. A. H. Nogueira | Brasil

Ricardo Baldassin Jr. | Brasil

José M. Rincón | Colombia

Resumen

La disponibilidad de tierra para la expansión agrícola en el mundo está altamente concentrada en dos continentes: América Latina y África. El informe analiza las perspectivas para la producción de bioenergía moderna y sostenible en América Latina, una región que ya cuenta con ejemplos exitosos de programas nacionales como el etanol de caña de azúcar brasileño y el aceite de palma colombiano. El informe también analiza el estado actual de los países latinoamericanos con respecto a las seguridades energética y alimentaria. Muestra que, en general, la región ha tenido un progreso significativo en incrementar las seguridades energéticas y alimenticias y que muchos países también están preparados para jugar un papel más importante globalmente en cuanto a los suministros energéticos y alimenticios.

El informe también resalta el potencial de la bioenergía de caña de azúcar, específicamente el bioetanol y la bioelectricidad, la cual puede jugar un papel importante en el trayecto del desarrollo socioeconómico. Se presenta un breve resumen de la situación energética de cada país y la manera en que la bioenergía de caña de azúcar puede tener un impacto positivo en estas economías.

Por último, se da una breve introducción a la Iniciativa de Bioenergía Sostenible Global y más específicamente al Proyecto LACAf, el cual es un proyecto colaborativo conjunto en el que participan FAPESP y IANAS, entre otras instituciones de investigación.

1. La bioenergía en el mundo y en América Latina y el Caribe

La bioenergía se puede dividir en la de biomasa[1] tradicional y la bioenergía moderna,[2] según la eficiencia y la sostenibilidad de su producción y uso. La biomasa tradicional ha jugado un papel importante en los países en desarrollo, incluidos América Latina y el Caribe (ALC). En 2012, los porcentajes de la población que dependía de la leña y los residuos de biomasa para cocinar en los países en desarrollo y en ALC alcanzaron 49 y 15%, respectivamente (REN21, 2015). Sin embargo, la bioenergía moderna está expandiendo su contribución a la matriz energética global.

En 2012, la bioenergía[3] representaba 10.1% de la demanda mundial total de energía (IEA, 2014), mientras que la bioenergía tradicional sigue representando 5.7% del total de energía global y 56.4% de la bioenergía total (Figura 1).

Para 2040 se proyecta que la demanda de bioenergía llegue a 1,933 toneladas métricas equivalentes de petróleo (10.9% de la demanda total de energía), mientras que la bioenergía moderna será responsable de 11.7% del total mundial o 70% de la bioenergía total (IEA, 2014). La participación de la bioenergía moderna y sostenible ha ido aumentando su proporción, pero su crecimiento está concentrado sobre todo en los países desarrollados de Europa, Norteamérica, el sureste asiático y también en algunos países latinoamericanos como Brasil, Colombia y Argentina (Figura 2).

Uno de los mejores ejemplos del uso de la bioenergía moderna a gran escala es el programa brasileño de etanol de caña de azúcar (Proalcool), que fue inaugurado en 1975.[4] En 2014, en Brasil la caña de azúcar proporcionó 34% del combustible líquido para vehículos ligeros (etanol) y 18% de la producción de energía primaria (EPE, 2015). Otros ejemplos importantes en el continente son los casos del etanol de maíz estadounidense, el biodiésel de soya argentino y el biodiésel de aceite de palma colombiano. Varios países más latinoamericanos, como Paraguay, Perú, Costa Rica, Jamaica, Ecuador, etcétera, implementaron programas oficiales de bioenergía con la intención de reducir la dependencia energética y fomentar el desarrollo económico mediante la creación de nuevos empleos y la ayuda al sector rural (IRENA, 2014; REN21, 2015). Estos esfuerzos han conseguido niveles de éxito variados y, en la mayoría de los casos, limitados.

Se reconoce que la producción moderna y sostenible de bioenergía puede ser una manera efectiva de cubrir partes sustanciales de la demanda de energía para el transporte en el futuro (IRENA, 2013). Entre las iniciativas de biocombustibles a nivel global se encuentran: políticas reguladoras sobre los biocombustibles de transporte con varios niveles de mezcla en proceso en 64 países (REN21, 2015) y objetivos ambiciosos para reducir las emisiones de carbono en la aviación para 2050 –incluidos, entre otros, biocombustibles que sustituyen a los combustibles de hidrocarburos en el motor tradicional, conocidos como biocombustibles "drop-in"– (IATA, 2013). En términos de la producción y el suministro potencial de biocombustibles, un estudio confirmó el potencial de que Brasil por sí solo puede cubrir 5% de la demanda global de gasolina en 2025 usando bioetanol de caña de azúcar (Cerqueira Leite *et al.*, 2009), y un proyecto mundial importante, la Iniciativa Global de Bioenergía Sostenible (Global Sustainable Bioenergy, GSB) (http://bioenfapesp.org/gsb/index.php) está investigando la posibilidad de cubrir hasta 25% de la demanda global de energía con bioenergía sostenible moderna para 2050. El potencial para la contribución de la región de ALC en estos esfuerzos se considera muy importante debido a la disponibilidad de tierra y las condiciones climáticas, así como las características demográficas y capacidades tecnológicas que ahí se encuentran, lo cual se tratará en este capítulo.

1. Se refiere al uso de madera, carbón, residuos agrícolas y excremento animal para cocinar y generar calor en el sector residencial, a menudo con muy baja eficiencia de conversión (10 a 20%) y un suministro insostenible.

2. La bioenergía moderna o los biocombustibles se refieren a la biomasa convertida en portadores de energía de mayor valor y mayor eficiencia y conveniencia, como las bolitas o pellets, el biogás, el etanol y el biodiésel.

3. Bioenergía: el contenido energético de productos sólidos, líquidos y gaseosos derivados de los forrajes de biomasa y el biogás. Incluye la biomasa sólida, los biocombustibles y el biogás. El valor 10.1% incluye los usos tradicionales y modernos de la biomasa, conforme a los valores agregados presentados en IEA (2014).

4. Puede consultarse más información acerca del programa brasileño de etanol en Cortez *et al.* (2016).

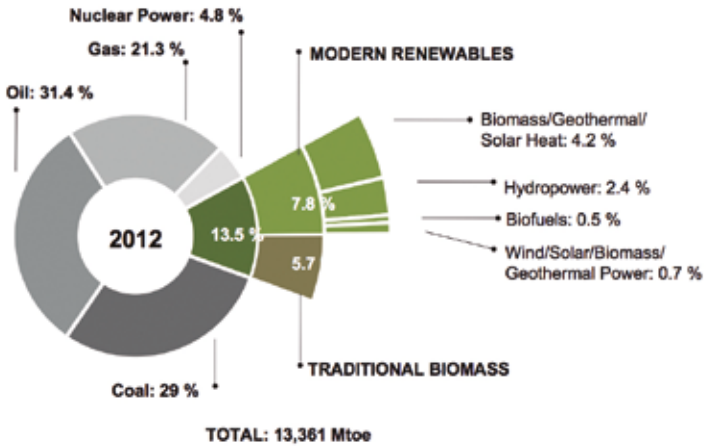
2. Desafío de sostenibilidad para la bioenergía

Aunque la idea de que la bioenergía moderna puede ayudar a aliviar la dependencia energética y aumentar el desarrollo rural tiene una amplia aceptación, el uso a gran escala de la bioenergía puede provocar o agravar problemas ambientales o socioeconómicos en las situaciones donde, por ejemplo, una mala elección de forraje no produce un balance positivo de energía y dióxido de carbono, o lleva a una pérdida de biodiversidad o una vulneración de la seguridad alimentaria (IPCC, 2014; REN21, 2015; Souza *et al.*, 2015).

La bioenergía moderna no es necesariamente un sinónimo de bioenergía buena. La bioenergía moderna insostenible puede ser tan predatoria como la bioenergía extractiva tradicional, con el potencial de hacer más daño al consumir más recursos naturales que la energía fósil que pretende sustituir (Goldemberg y Coelho, 2004). Un asunto esencial es entender por completo el ciclo de vida del proceso de generación de energía y adoptar políticas inteligentes que lleven a una implementación exitosa de un sistema moderno de bioenergía sostenible. La sostenibilidad, en su sentido más amplio, involucra no sólo a la economía del proyecto, sino un análisis integrado general que abarca aspectos físicos, sociales y ambientales.

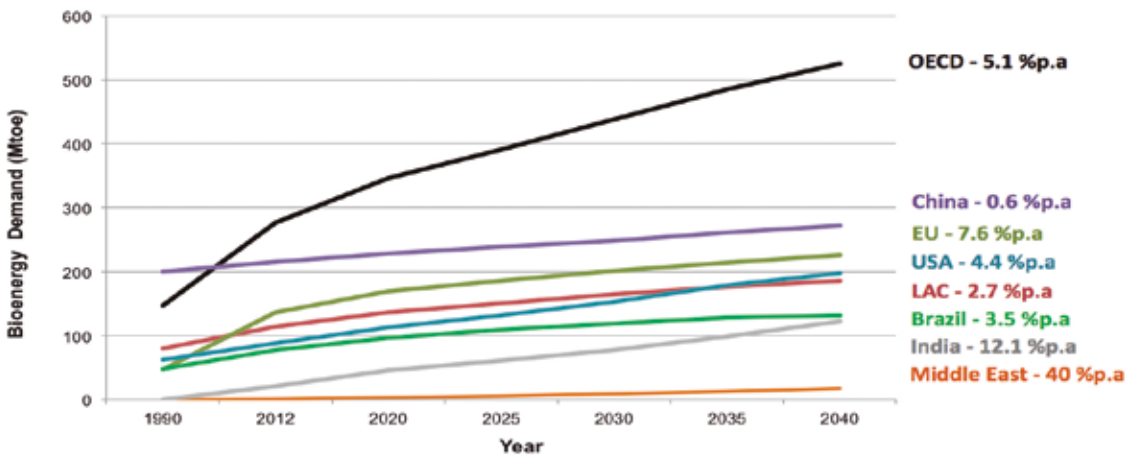
El conocimiento científico de tipo básico y aplicado puede ayudar en muchos asuntos relacionados con la sostenibilidad. Por ejemplo, la producción de cultivos en tierras áridas es una gran limitante para la agricultura. Se sabe cómo producir cultivos usando tierra fértil y riego por lluvia, pero es necesario hacer avances más allá de la irrigación y explorar la posibilidad de la mejora de las plantas para que aprovechen el agua disponible de manera más efectiva. Hay desafíos importantes en cuanto a la fisiología de las plantas y su relación con la genómica y la metabolómica. El conocimiento moderno de la biología molecular puede permitir el desarrollo de plantas adaptadas para sobrevivir en ambientes hostiles. Otro ejemplo se relaciona con la conversión

Figura 1. Suministro energético primario mundial en 2012



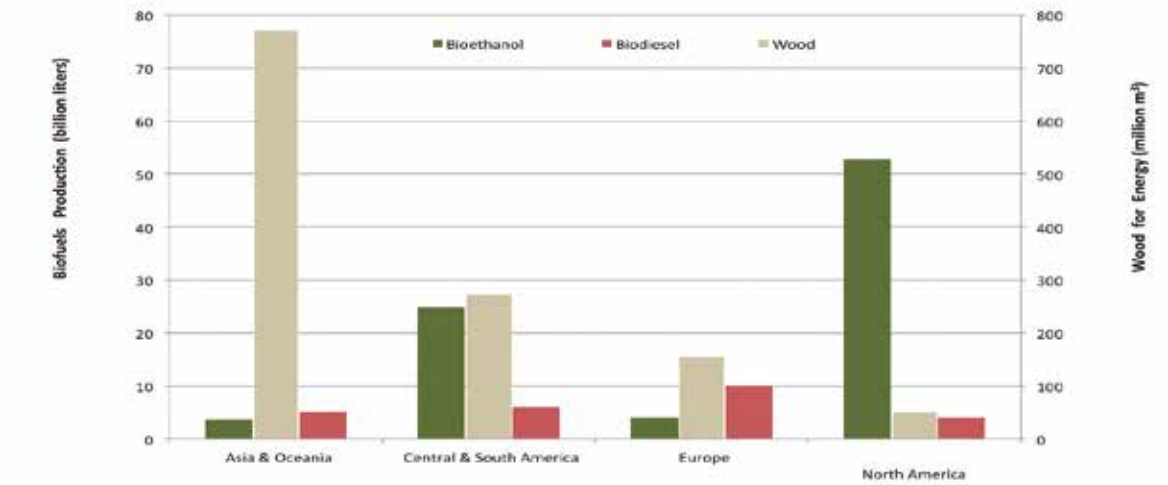
Fuente: IEA, 2014.

Figura 2. Demanda de bioenergía (1990-2040: Escenarios de nuevas políticas)



Fuente: IEA, 2014.

Figura 3. Produccion de biocombustible y madera para energía (2012)



Nota: La madera para energía incluye: combustibles de madera (de coníferas y caducifolios), carbón de madera, bolitas de madera y residuos de madera**.** Fuente: EIA, 2012; FAO, 2012.

lignocelulósica usando una ruta bioquímica como la hidrólisis o una ruta termal como la conversión de biomasa a líquido (*biomass to liquid*, BTL). A pesar de la existencia de una amplia base de conocimiento en esta área, aún quedan barreras significativas por superar para permitir la producción de bioenergía a gran escala a nivel global.

3. Establecer las perspectivas de la bioenergía en América Latina

Los países de la región de ALC usan ampliamente la bioenergía tradicional y moderna. En la mayoría de estos países, el uso de la bioenergía tradicional (de leña y carbón) muestra una tendencia descendente, debido sobre todo a la urbanización, aunque el ritmo varía y el total regional sin instalaciones de cocina modernas sigue siendo mayor a 60 millones de personas. Los datos más recientes revelan mejoras notables en Brasil, Colombia, Perú y Argentina (IEA, 2015). Hoy día, los bosques cultivados (de eucalipto y pino) juegan un pequeño papel en el suministro de leña y carbón al sector residencial, donde su uso es tradicional. Por otro lado, el impacto del uso de la biomasa tradicional en la deforestación no está muy claro; la mayor parte del desmonte de tierras se debe a la expansión de cultivos o tierras para ganadería, el desplazamiento de los cultivos y otras causas. La bioenergía tradicional involucra tecnologías de uso final de baja eficiencia que pueden mejorarse para hacerlas más sostenibles. Se hacen algunas sugerencias en cuanto a la investigación y desarrollo para este propósito, incluidos los esfuerzos de la Alianza Global para Estufas de Cocina Limpias (The Global Alliance for Clean Cook Stoves) (The World Bank Group, 2015). Así que, probablemente, es correcto decir que aún quedan desafíos importantes relacionados con la bioenergía tradicional hacia arriba y hacia abajo de la cadena. Sin embargo, en general, los impactos principales de la sostenibilidad de la biomasa tradicional se encuentran hacia arriba de la cadena.

En lo que respecta a la bioenergía moderna, la situación es más estimulante. En las últimas décadas la región ha producido varios ejemplos buenos de la producción moderna y sostenible de bioenergía. Las iniciativas más importantes están relacionadas con la producción de biocombustibles y madera para energía y más específicamente etanol de caña de azúcar y biodiésel de frijoles de soya y aceite de palma y combustibles de madera, bolitas y carbón de bosques cultivados. En 2012, la región ALC fue responsable por alrededor de una cuarta parte de la producción mundial de etanol, biodiésel y madera para energía, la cual constituyó en su mayoría producción moderna de bioenergía (Figura 3).

La insostenibilidad que acompaña al uso tradicional de biomasa se reparte en los tres pilares de la sostenibilidad (social, ambiental y económico). En el ámbito social, el impacto negativo principal ocurre en la salud humana, debido al trabajo intensivo requerido para recolectar madera (mano de obra semiesclavizada) y la contaminación en interiores (por cocinar) que afecta principalmente a mujeres, niños y ancianos. En el terreno ambiental, los impactos principales son la degradación de los bosques nativos (la deforestación, la reducción de la biodiversidad y la degradación del suelo) y las emisiones de gases de efecto invernadero. En el ámbito económico, las bajas eficiencias de las estufas de cocina a base de leña y la baja generación de ingresos son los principales impactos negativos (IPCC, 2014; Lynd *et al.*, 2015; REN21, 2015).

En el panorama energético mundial, la caña de azúcar tiene un gran número de indicadores de sostenibilidad positivos que prueban que es uno de los

Tabla 1. Datos sobre el petróleo: regiones del mundo y países seleccionados de ALC (2012)

Región/País	Petróleo crudo (miles de millones de litros)					Gasolina (miles de millones de litros)				
	Producción (P)	Consumo (C)	Importación (I)	Exportación (E)	(E-I)/C %	Producción (P)	Consumo (C)	Importación (I)	Exportación (E)	(E-I)/C %
Mundo	**5,252.4**	**5,398.8**	**2,634.0**	**2,487.6**			**1,312.1**	**210.5**	**233.6**	
Oriente medio	1,619.9	718.3	33.1	934.6	126	67.4	84.5	18.8	4.7	-17
África	576.3	149.7	51.5	478.1	285	22.9	51.9	26.8	1.5	-49
Europa	231.6	810.0	720.5	142.1	-71	170.9	121.7	40.5	99.4	48
Asia y Oceanía	1,319.8	587.0	150.0	882.8	125	392.0	371.5	72.8	87.5	4
Norteamérica	1,040.2	1,412.3	613.0	240.9	-26	581.7	595.2	28.0	31.8	1
Centroamérica y Sudamérica	464.6	407.2	119.8	177.2	14	69.1	87.3	23.7	8.7	-17
Argentina	42.0	36.7	0.0	5.3	14	7.3	7.7	0.1	0.0	-1
Bolivia	3.3	3.3	0.0	0.0	0	0.9	1.2	0.2	0.0	-19
Brasil	154.0	145.2	21.8	30.5	6	26.8	30.8	3.8	0.2	-12
Chile	1.0	10.7	9.7	0.0	-90	3.2	3.6	0.1	0.1	0
Colombia	56.3	34.7	0.0	21.5	62	4.6	4.8	0.7	0.5	-3
Costa Rica	0.0	0.5	0.5	0.0	-96	0.0	1.0	1.0	0.0	-100
Cuba	3.0	10.5	7.5	0.0	-72	0.6	0.6	0.0	0.0	0
Ecuador	29.3	9.9	0.0	19.4	195	1.9	3.8	2.3	0.2	-54
El Salvador	0.0	1.0	1.0	0.0	-100	0.1	0.6	0.5	0.0	-89
Guatemala	0.9	0.2	0.0	0.7	400	0.0	1.3	1.3	0.0	-100
Guyana	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.2	0.2	0.0	-100
Honduras	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.7	0.7	0.0	-100
Jamaica	0.1	1.5	1.4	0.0	-92	0.2	0.6	0.4	0.2	-41
México	170.8	97.0	0.6	74.3	76	23.5	45.1	21.8	0.0	-48
Nicaragua	0.0	1.0	1.0	0.0	-100	0.1	0.3	0.2	0.0	-74
Panamá	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.9	0.9	0.0	-94
Paraguay	0.1	0.1	0.0	0.0	0	0.0	0.5	0.4	0.0	-87
Perú	9.3	14.0	5.8	1.1	-34	4.3	2.1	0.2	2.4	105
Uruguay	0.1	2.3	2.2	0.0	-97	0.6	0.6	0.1	0.1	0
Venezuela	156.1	71.2	7.7	92.6	119	14.5	15.7	0.5	0.5	0

Fuente: EIA, 2012.

cultivos bioenergéticos más eficientes del mundo (Goldemberg *et al.*, 2008; Smeets *et al.*, 2008; IPCC, 2014; Souza *et al.*, 2015).

4. Energía y seguridad alimentaria en América Latina y el Caribe

4.1. Suministro energético

La búsqueda de seguridad energética en la región de ALC ha llevado a muchos países a implementar políticas para crear mercados para la bioenergía como sustituto o complemento de la gasolina, el diésel e incluso la electricidad. La Tabla 1 muestra la situación reciente del petróleo y la gasolina en las regiones del mundo y algunos países de ALC, mientras que la Tabla 2 muestra las políticas de biocombustibles que se han aplicado en ALC. En general, sólo algunos países tienen una situación relativamente cómoda debido a la independencia petrolera, incluidos Venezuela, Argentina, Brasil y Colombia. Entre todos los países de Sudamérica, probablemente debido a su gran producción petrolera, únicamente Venezuela no tiene un programa ni una política de biocombustibles.

La producción de electricidad es un aspecto importante de la situación energética en ALC (Tabla 3). Algunos países de la región, como Brasil, Colombia, Paraguay y Argentina tienen una situación relativamente cómoda debido a su abundante generación hidroeléctrica. En algunos casos, la hidroelectricidad intercambiada entre países favoreció la integración en la región, como la sociedad entre Brasil y Paraguay en la planta de energía hidroeléctrica binacional de Itaipú. En otros países como México, Cuba, Jamaica y prácticamente todas las naciones del Caribe, la importancia relativa de las energías renovables para la producción de electricidad no es tan cómoda, ya que se tiene una dependencia significativa de los combustibles fósiles para la producción de energía. En el caso de la bioelectricidad, Brasil es probablemente el país con el mejor desempeño de la región, particularmente debido a la generación conjunta en la gran industria existente de azúcar-etanol. En 2014, la bioelectricidad producida en molinos de generación conjunta a base de caña de azúcar a partir del bagazo representó 5.5% de la producción brasileña

Tabla 2. Políticas de biocombustibles en países seleccionados de ALC

País	Ley/Programa de biocombustibles [1]	Mandato de mezcla de etanol y biodiésel [1]	Mezcla del mandato (%)
Argentina	en proceso	en proceso	E10, B10 [1,4]
Brasil	en proceso	en proceso	E27, E100, B7 [1]
Chile			E5 [3], B2
Colombia		en proceso, nivel infranacional	E8 [1,4], B8-B10 [1]
Costa Rica	en proceso	vencido, sustituido o inactivo	E0-E8, B0-B5 [1]
Ecuador	en proceso	en proceso, nivel infranacional	E5 [1], B5 [1,4]
Guatemala		en proceso	E0-E10 [2]
Honduras	en proceso		
Jamaica		en proceso	E10 [3,4]
México	en proceso	vencido, sustituido o inactivo	E2 [3]
Nicaragua	en proceso		
Panamá	en proceso	vencido, sustituido o inactivo	E5 [1]
Paraguay	en proceso		E24, B1 [3]
Perú	en proceso	en proceso	E7.8, B5 [1]
Uruguay	en proceso	en proceso	E5, B5 [1,4]

Notas: Colombia: E8 (mandato), E10 (objetivo), B8 y B10 (niveles regionales diferentes); Chile: hasta E5 (mezcla voluntaria); Costa Rica: hasta E8 (voluntaria), hasta B5 (voluntaria); Guatemala: uso de etanol como aditivo, México: Guadalajara (mandato), Ciudad de México y Monterrey (objetivo). Fuentes: 1 - (IRENA, 2015), 2 - (GUATEMALA, 2015), 3 - (GRFA, 2015), 4- (REN21, 2015).

Tabla 3. Seguridad energética: la electricidad en las regiones del mundo y en países seleccionados de América Latina y el Caribe (2012)

Región/País	Producción (GWh)					Importación (I)	Exportación (E)	Consumo (C)	(E-I)/C
	Total	Renovable		Biomasa y desperdicio		(GWh)			%
Mundo	21,530	4,716	22%	383	2%	681	669	19,713	-0.1
Oriente medio	907	23	3%	0	0%	19	16	793	-0.4
África	680	120	18%	2	0%	37	32	601	-0.8
Europa	5,063	1,287	25%	152.7	3%	453	463	4,620	0.2
Asia y Oceanía	8,760	1,561	18%	97	1%	50	37	8,108	-0.2
Norteamérica	4,944	949	19%	83	2%	71	71	4,592	0.0
Centroamérica y Sudamérica	1,177	776	66%	49	4%	52	51	999	-0.1
Argentina	128	32	25%	2.4	2%	8.1	0.5	117	-6.5
Bolivia	7.3	2.6	36%	0.2	3%	0	0	6.5	0.0
Brasil	538	451	84%	35	7%	41	0.5	484	-8.4
Chile	67	25	37%	4.9	7%	0	0	63	0.0
Colombia	58	48	83%	0.5	1%	(s)	0.7	49	1.4
Costa Rica	10	9.3	93%	0.2	2%	0.4	0.4	9	0.0
Cuba	17	0.7	4%	0.6	4%	0	0	14	0.0
Ecuador	22	12	55%	0.3	1%	0.2	(s)	19	-1.1
El Salvador	6.2	3.8	61%	0.4	6%	0.2	(s)	5.7	-3.5
Guatemala	9.2	6.3	68%	1.6	17%	0.4	0.3	8.2	-1.2
Guyana	0.8	0	0%	0	0%	0	0	0.6	0.0
Honduras	7.3	3.3	45%	0.2	3%	(s)	(s)	5	0.0
Jamaica	4	0.4	10%	0.1	3%	0	0	3	0.0
México	279	44	16%	2.8	1%	0.6	1.3	234	0.3
Nicaragua	4.2	1.7	40%	0.5	12%	(s)	(s)	3.6	0.0
Panamá	8.4	5.4	64%	(s)	0%	(s)	(s)	7.1	0.0
Paraguay	60	60	100%	0	0%	0	48	8.1	592.6
Perú	39	23	59%	0.7	2%	(s)	(s)	36	0.0
Uruguay	10	6.5	65%	0	0%	0.7	0.2	9.6	-5.2
Venezuela	123	81	66%	0	0%	0.5	0.7	98	0.2

Fuente: EIA, 2012. (s) = demasiado pequeño.

total de electricidad (EPE, 2015). La tendencia actual de aumentar la bioelectricidad en Brasil es una muy buena noticia para contrarrestar los aspectos negativos de la expansión hidroeléctrica en la región amazónica, donde, para evitar generar grandes regiones inundadas al crear represas, el suministro de electricidad se proporciona de manera casi intermitente. También en Guatemala y Nicaragua la contribución de la bioenergía a la producción de electricidad es alta (Tabla 3).

4.2. Seguridad alimentaria

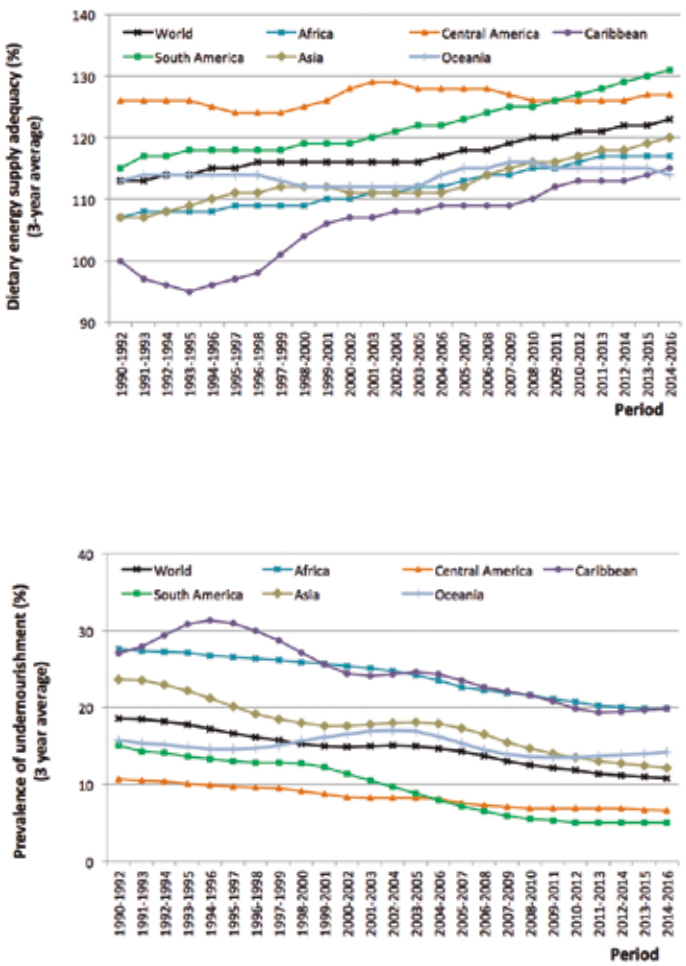
Un asunto crítico relacionado con la producción de bioenergía es la seguridad alimentaria (FAO, 1996):

> *Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana.*

De acuerdo con la FAO (2006), la seguridad alimentaria es una combinación compleja de factores que incluye los siguientes:

- Disponibilidad de alimentos: cantidades suficientes de alimentos de calidad apropiada suministrados a través de la producción doméstica o las importaciones, incluyendo la ayuda alimentaria;
- Acceso a los alimentos: por parte de los individuos a recursos adecuados (derechos) para adquirir alimentos apropiados para una dieta nutritiva;
- Uso: utilización de los alimentos por medio de una dieta adecuada, agua limpia, servicios sanitarios y cuidado de la salud para alcanzar un estado de bienestar nutricional donde se satisfagan todas las necesidades fisiológicas. Esto resalta la importancia de los factores distintos de los alimentos en la seguridad alimentaria;
- Estabilidad: para tener seguridad alimentaria, una población, una familia o un individuo deben tener acceso a alimentos adecuados en todo momento. No deben estar en riesgo de perder el acceso a los alimentos como consecuencia de choques repentinos o eventos cíclicos.

Figura 4. Evolución de los indicadores de seguridad alimentaria: adecuación del suministro energético alimentario y prevalencia de la desnutrición



Fuente: FAO, 2015.

En términos de la disponibilidad de alimentos, desde 1997-1999 los datos de la FAO han mostrado que la adecuación del suministro energético alimentario es mayor de 100% en todas las regiones en desarrollo (Figura 4). Sin embargo, la prevalencia en los niveles de desnutrición muestra que alrededor de 20% de los habitantes de África y el Caribe siguen padeciendo un déficit alimentario al día de hoy. De acuerdo con World Hunger (2015), usando datos de la Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas, aproximadamente 795 millones de personas (o una de cada nueve) ha sufrido de desnutrición crónica en 2014-2016. Por lo que respecta a América Central y América del Sur, los niveles de desnutrición son de alrededor de 6.6% y menos de 5%, respectivamente. De esta manera, está claro que el hambre en el mundo puede no deberse al déficit alimentario sino a la falta de condiciones adecuadas para que las personas adquieran alimentos (o sea al acceso inadecuado o inexistente).

Para analizar la situación actual de la seguridad alimentaria en la región se tomaron los granos y cereales como indicadores, y se analizaron su producción e importaciones para las regiones del mundo y países seleccionados de ALC. La Tabla 4 resume las cantidades principales producidas. La región de ALC es un exportador neto de granos y cereales (influenciado en gran medida por Brasil y Argentina), sin embargo, varios países caribeños y centroamericanos muestran una alta dependencia de granos y cereales importados. En Sudamérica, la dependencia de las importaciones es crucial en Colombia, Chile, Perú y Venezuela.

Para ilustrar la situación actual de la energía y la seguridad alimentaria en los países de ALC, las figuras 5 y 6 muestran la (in)dependencia agrícola comparada con la (in)dependencia del petróleo crudo y la

Tabla 4. Seguridad alimentaria: granos y cereales en las regiones del mundo y en países seleccionados de América Latina y el Caribe (2012)

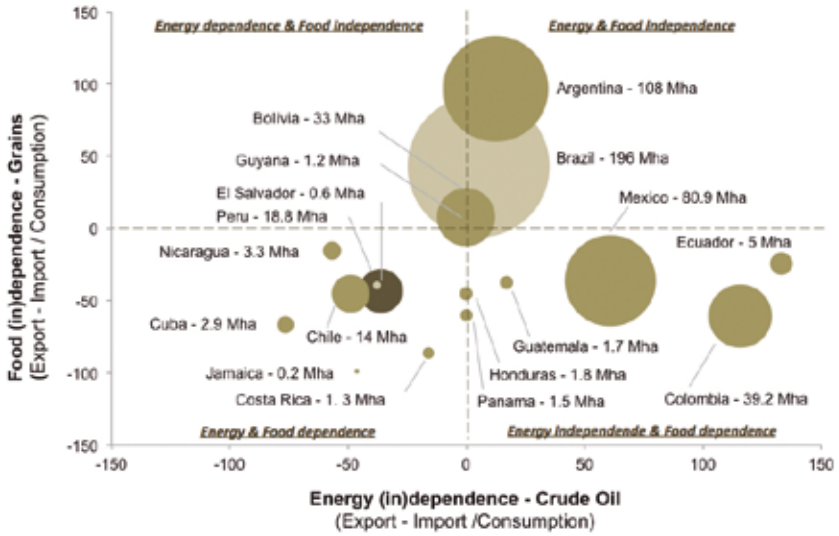
Región/País	Granos						Cereales					
	Producción (P)	Importación (I)		Exportación (E)		(E-I)/C	Producción (P)	Importación (I)		Exportación (E)		(E-I)/C
	(toneladas métricas)	(toneladas métricas)	(miles de millones $)	(toneladas métricas)	(miles de millones $)	(%)	(toneladas métricas)	(toneladas métricas)	(miles de millones $)	(toneladas métricas)	(miles de millones $)	(%)
Mundo	**2,862.10**	**469.6**	**215.3**	**478.5**	**200.8**	**0**	**2,563.40**	**375.9**	**133.6**	**384.2**	**125.1**	**0**
África	**177.4**	**75**	**28.7**	**5.3**	**4.5**	**-28**	**169**	**75**	**27.5**	**4**	**1.7**	**-30**
Europa	**431.9**	**90.1**	**37.8**	**136.2**	**45**	**12**	**421.1**	**75.9**	**26.3**	**134.7**	**41.4**	**16**
Asia y Oceanía	**1,423.60**	**238.1**	**126.4**	**87.8**	**43.6**	**-10**	**1,359.80**	**161.4**	**1.8**	**89.6**	**33.7**	**-5**
Norteamérica	**498.5**	**7.9**	**4.2**	**134.2**	**61.8**	**34**	**408.7**	**9.1**	**4**	**85.5**	**28**	**23**
Caribe	**2.61**	**5.1**	**2.2**	**0.02**	**0.01**	**-66**	**2.3**	**5.1**	**2**	**0.05**	**0.03**	**-69**
Centroamérica	**41.1**	**25.5**	**10.2**	**1.63**	**0.8**	**-37**	**38.8**	**21.6**	**7.3**	**1.8**	**0.6**	**-34**
Sudamérica	**287**	**27.8**	**9.7**	**113.3**	**31.92**	**42**	**163.5**	**27.7**	**8.8**	**68.5**	**19.3**	**33**
ALC	**363.71**	**78.9**	**30.2**	**116.45**	**33.33**	**12**	**238.2**	**71.278**	**23.6**	**71.911**	**20.43**	**0**
Argentina	86.9	0.04	0.07	42.8	13.2	97	43.3	0.014	0.04	37.4	9.9	632
Bolivia	4.6	0.1	0.06	0.44	0.2	8	2.16	0.417	0.1	0.118	0.1	-12
Brasil	159.8	8.9	2.8	56.9	25.9	43	89.9	9.307	2.6	23.3	6.6	18
Chile	3	2.6	0.9	0.1	0.3	-45	3.5	2.597	0.8	0.151	0.3	-41
Colombia	4.1	6.3	2.2	0.002	0.01	-61	3.9	5.98	1.9	0.003	0.01	-61
Costa Rica	0.2	1.3	0.5	0.006	0.004	-87	0.2	0.955	0.3	0.03	0.01	-82
Cuba	1.1	2.2	0.9	0	0	-67	1	2.094	0.8	0.002	0.001	-68
Ecuador	3	1	0.4	0.03	0.03	-24	2.9	1.012	0.4	0.019	0.02	-26
El Salvador	1.2	0.8	0.4	0.02	0.01	-39	1.1	0.822	0.3	0.078	0.03	-40
Guatemala	2.1	1.3	0.5	0.03	0.04	-38	1.8	1.342	0.5	0.014	0.008	-42
Guyana	0.7	0.07	0.04	0.1	0.2	4	0.6	0.084	0.04	0.111	0.2	5
Honduras	0.7	0.6	0.3	0.02	0.01	-45	0.6	0.691	0.3	0.042	0.02	-52
Jamaica	0.003	0.4	0.2	0	0.007	-99	0.003	0.42	0.2	0.012	0.005	-99
México	33	20.5	8.1	1.5	0.6	-37	33.6	16.878	5.5	1.561	0.5	-31
Nicaragua	1.2	0.3	0.2	0.08	0.07	-15	1	0.376	0.2	0.041	0.02	-25
Panamá	0.4	0.6	0.2	0	0	-60	0.4	0.57	0.2	0	0	-59
Paraguay	9.6	0.04	0.1	7.4	2.7	329	5.2	0.02	0.07	4.222	1	421
Perú	5.3	4.1	1.6	0.04	0.06	-43	5.2	4.013	1.4	0.046	0.08	-43
Uruguay	6.5	0.2	0.08	5.5	2.4	442	3.6	0.155	0.06	3.013	1.1	385
Venezuela	3.1	4.3	1.6	0.003	0.001	-58	2.9	4.063	1.4	0	0	-58

Fuente: FAO, 2012.

(in)dependencia de la gasolina, respectivamente. Los países con la mejor situación alimentaria y energética están en el cuadrante superior derecho y el tamaño de la burbuja representa el área ocupada por praderas y zonas de pastura. En general, solamente Brasil, Argentina y Bolivia tienen indicadores cómodos.

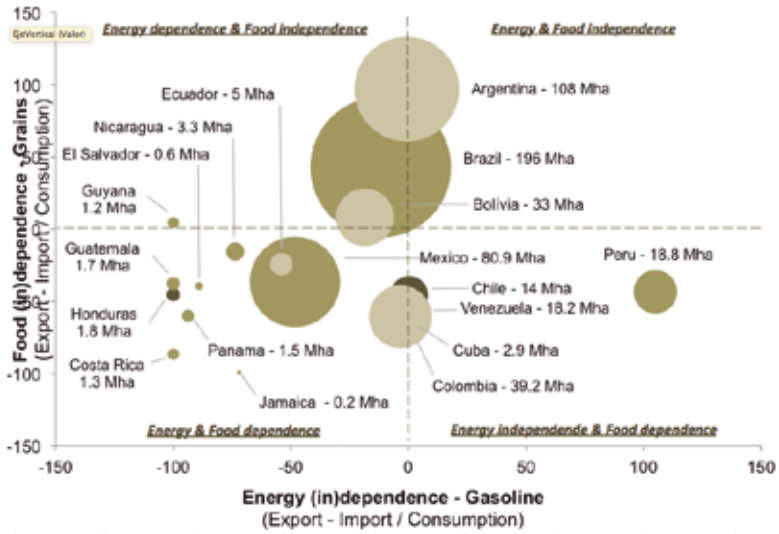
En 2012, América del Sur, América Central y el Caribe fueron responsables de 51% de la producción mundial de caña de azúcar (Figura 7). Tomando en cuenta la producción expresiva y el dominio tecnológico/agrícola de la producción azucarera (Tabla 5), ALC revela una gran capacidad y un alto potencial

Figura 5. Gráfica de (in)dependencia de petróleo y granos en América Latina



Fuente: EIA, 2012; FAO, 2012 con base en Ayarza, 2012.

Figura 6. Gráfica de (in)dependencia de gasolina y granos en América Latina



Fuente: EIA, 2012; FAO, 2012 con base en Ayarza, 2012.

para suministrar cantidades netas de productos agrícolas básicos. Esto indica también la capacidad potencial presentada por la región para aumentar la producción de etanol a base de caña de azúcar al convertir parte de sus melazas y "azúcar C",[5] lo cual ayuda a reducir las importaciones de gasolina, particularmente en los países de ALC.

Un asunto importante que se debe tomar en cuenta es que, con la selección adecuada de forrajes y tecnologías de procesamiento, la producción de

5. El azúcar C es el azúcar oscura de baja calidad que se produce al agotarse el contenido de sacarosa en el jugo de caña de azúcar.

bioenergía moderna y sostenible puede ayudar a los países en la región de ALC a mejorar su situación alimentaria y energética actual, al mejorar los estándares de tecnología usada en la agricultura, aumentar los ingresos en las zona rurales y, al mismo tiempo, producir más energía para impulsar la economía.

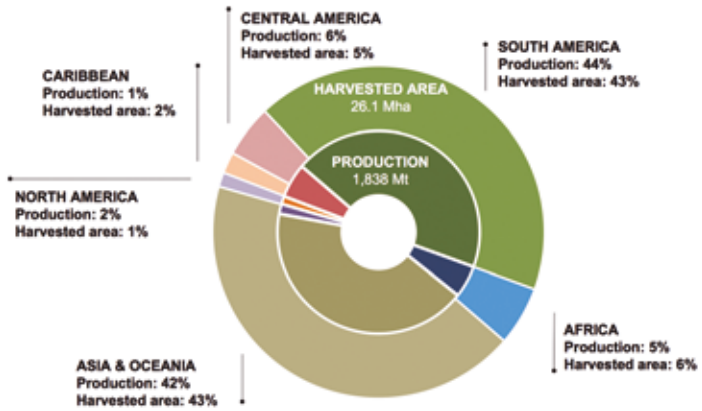
5. América Latina y el Caribe: Situación actual y perspectivas del etanol de caña de azúcar

Debido a las crecientes preocupaciones por las emisiones de gases de efecto invernadero, la dependencia del petróleo extranjero y la necesidad de alternativas energéticas modernas que contribuyan a la prosperidad rural, el bioetanol emerge como un producto sostenible y renovable con la capacidad de cubrir una parte sustancial de la demanda global de gasolina. De acuerdo con Long *et al.* (2015), la caña de azúcar tiene un sistema de producción agrícola y una infraestructura de procesamiento bien establecidos que la colocan entre los forrajes más avanzados para la generación de bioenergía, además de ser uno de los cuatro forrajes principales usados en la producción de biocombustibles (soya, colza, maíz y caña de azúcar).

Las regiones tropicales de ALC, según lo expuesto por la FAO en 1997, tienen condiciones naturales que favorecen a la producción de bioenergía, como la incidencia alta de energía solar, temperaturas apropiadas, suelos y topografía adecuados, especialmente entre los paralelos 35° Norte y Sur. Además de la disponibilidad de agua, hay potencial para incrementar las tierras cultivables y existe una tradición de industrialización de la caña de azúcar. En otras investigaciones, Smeets *et al.* (2006) mostraron que estas regiones tienen el mayor potencial para la producción de cultivos energéticos. Dependiendo de los escenarios propuestos por los autores, la producción potencial de energía va de 90 a 280 EJ al año en ALC y de 50 a 350 EJ al año en África subsahariana.

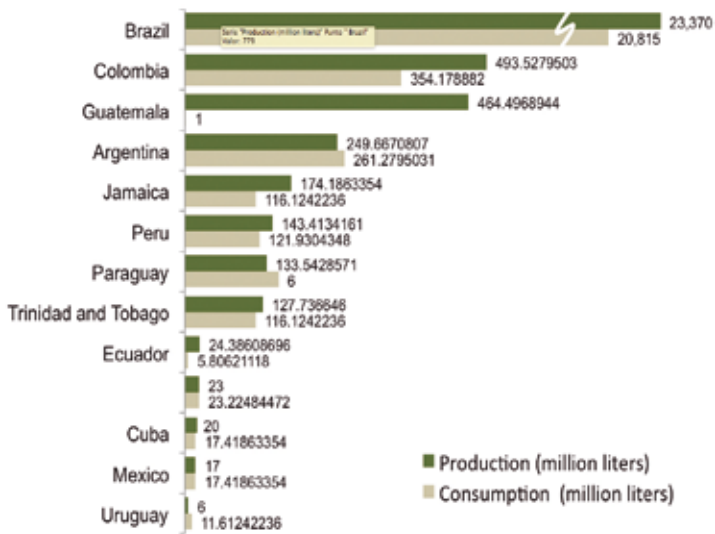
En ALC, la producción de etanol aún está muy concentrada en pocos países como se muestra en la Imagen 8. De acuerdo con datos de 2012, los productores principales eran: Brasil, Colombia, Guatemala y Argentina.

Figura 7. Producción mundial de azúcar y área cosechada de caña de azúcar (2012)



Fuente: FAO, 2012.

Figura 8. Producción de bioetanol en países de ALC en 2012



Fuente: EIA, 2012.

En los siguientes artículos se presenta un resumen de la situación de producción y uso del combustible de etanol de caña de azúcar en los países principales de ALC.

Argentina

Produjo 670 millones de litros de etanol en 2014 y se espera que la producción de 2016 alcance los 900 millones de litros. En 2016 se espera que la mitad de la producción de bioetanol venga de la industria

del azúcar (caña de azúcar) y la otra mitad venga de la industria de granos (maíz). El mandato oficial actualmente es el E10, pero la industria está trabajando para aumentarlo a E12 en el corto plazo. La producción de etanol se enfoca en la demanda del mercado doméstico y no se proyectan exportaciones a corto plazo. Hay nueve molinos de azúcar que participan en el programa del mandato oficial y cinco plantas de etanol de grano (todas ellas inauguradas durante el periodo de 2012 a 2014) con una capacidad

Tabla 5. Productos de caña de azúcar y comercio: regiones del mundo y ALC

Región/País	Caña de azúcar		Azúcar (toneladas métricas)				Melaza (toneladas métricas)	
	Producción (toneladas métricas)	Área cosechada (millones de hectáreas)	Producción	Consumo	Importación	Exportación	Importación	Exportación
Mundo	**1,838,535**	**26,085**	**179,087**	**177,595**	**20,918**	**22,410**	**6,850**	**6,259**
África	**94,306**	**1,509**	**10,595**	**13,252**	**3,914**	**1,258**	**272**	**615**
Europa	**5**	**(s)**	**26,635**	**30,479**	**5,946**	**2,102**	**3,165**	**2,102**
Asia y Oceanía	**776,352**	**11,241**	**73,110**	**75,291**	**8,310**	**6,130**	**2,318**	**2,568**
Norteamérica	**29,236**	**365**	**8,280**	**9,203**	**1,115**	**191**	**966**	**253**
Caribe	**23,440**	**540**	**2,239**	**2,384**	**175**	**31**	**84**	**68**
América Central	**101,465**	**1,320**	**10,079**	**9,398**	**343**	**1,025**	**26**	**597**
América del Sur	**813,730**	**11,109**	**48,148**	**43,612**	**1,114**	**5,650**	**19**	**56**
Argentina	19,766	360	2,189	2,058	0	131	(s)	3
Barbados	278	6	18	26	8	(s)	17	(s)
Bolivia	7,692	159	575	538	0	37	0	0
Brasil	721,077	9,705	40,219	35,349	0	4,870	5	(s)
Chile	0	0	0	411	411	0	0	0
Colombia	33,364	409	2,078	1,785	310	603	(s)	1
Costa Rica	4,440	58	420	419	(s)	0	20	(s)
Cuba	14,700	361	1,467	1,463	0	4	(s)	2
República Dominicana	4,866	107	561	545	10	26	(s)	66
Ecuador	7,379	95	570	610	40	(s)	10	(s)
El Salvador	6,487	73	687	627	(s)	60	(s)	207
Guatemala	23,653	256	2,464	2,463	(s)	2	1	161
Guyana	2,709	49	218	224	6	0	0	39
Haití	1,200	19	10	58	48	0	0	0
Honduras	5,861	70	483	448	0	36	(s)	80
Jamaica	1,475	28	131	186	56	0	28	(s)
México	50,946	735	5,048	4,578	343	813	5	64
Nicaragua	6,732	67	689	575	(s)	114	0	62
Panamá	2,276	33	173	173	0	(s)	0	(s)
Paraguay	4,186	115	250	250	0	(s)	(s)	3
Perú	10,369	81	1,106	1,344	246	8	0	10
Surinam	120	3	7	19	12	(s)	0	(s)
Uruguay	368	7	9	72	63	(s)	2	0
Venezuela	6,690	126	568	593	25	0	0	0

Fuente: FAO, 2012.

que ronda los 1 mil millones de litros al año. Se han planificado nuevos proyectos, pero no se espera una expansión significativa de la capacidad durante los próximos 18 meses. Los molinos de azúcar argentinos satisfacen parte de sus necesidades energéticas a partir del bagazo. Cuatro molinos de azúcar tienen nuevos sistemas de generación de alta eficiencia que les permiten cogenerar energía para sus propias necesidades y venderla a la red energética local. La capacidad total de estas plantas es de aproximadamente 100 MW (Joseph, 2015a).

Bolivia

Aunque el Gobierno boliviano no tiene una postura clara con respecto a los biocombustibles, actualmente hay algunos avances para el desarrollo de la industria de la caña de azúcar, dado su gran potencial de producción. Se estima que 17 millones de hectáreas son aptas para la producción de caña de azúcar y hoy día sólo 0.12 millones de hectáreas son usadas por cinco molinos de azúcar y una destilería autónoma. El mandato E10 es la opción principal para la política de combustible de etanol.

Brasil

Es el mayor productor mundial de etanol de caña de azúcar con una fuerte tradición de usar etanol como combustible en su flota automovilística y como mezcla con la gasolina (E27) o como etanol hídrico (E100), con un potencial muy bueno para expandir la producción actual sin dañar la producción de alimentos ni causar daños en los ecosistemas como el Amazonas y el Pantanal. En 2015, alrededor de 29 mil millones de litros se produjeron en aproximadamente 360 molinos de caña de azúcar. La capacidad de los molinos de etanol depende de las decisiones anuales tomadas por las plantas individuales de producir azúcar y/o etanol. La industria se rige por la razón de 40:60 para cambiar entre la producción de azúcar a etanol o, viceversa, de cosecha a cosecha. La alta penetración de los vehículos de combustible flexible en el mercado brasileño en los últimos 10 años, los cambios de los mandatos de mezclas y el crecimiento del consumo de gasolina han sido responsables por el rápido aumento de la demanda brasileña de etanol (Barros, 2015). Los vehículos de combustibles flexibles constituyeron 93.5% de los 2.7 millones de vehículos ligeros vendidos en 2014 (ANFAVEA, 2015). En términos del bioetanol de segunda generación, Brasil fue el pionero en ALC. En 2014-2015, GranBio y Raízen inauguraron sus plantas en el estado de Alagoas (ciudad de São Miguel dos Campos) y el estado de São Paulo (ciudad de Piracicaba) con una capacidad de 80 y 40 millones de litros al año, respectivamente. Sin embargo, hasta ahora la producción de bioetanol de segunda generación no es económicamente factible (Barros, 2015). Puede consultarse más acerca de la historia y las perspectivas de la producción y el uso de etanol a partir de caña de azúcar en Brasil en Cortez *et al.*, 2016.

Colombia

Es el segundo productor mundial de etanol de caña de azúcar después de Brasil, que empezó a finales de 2005. En 2008 el Gobierno colombiano estableció un marco de política para el sector de biocombustibles que garantiza un precio mínimo para los productores, exenciones de impuestos para los cultivadores de forrajes y un compromiso general del Gobierno para apoyar la producción y el desarrollo de biocombustibles, y actualmente las regulaciones gubernamentales establecen una mezcla obligatoria de E8 con gasolina. En 2015, la producción de bioetanol alcanzó los 425 millones de litros y la producción actual no es capaz de cumplir con el mandato de mezcla E8 (alrededor de 90% de las necesidades locales cumplen con la mezcla obligada). Sin embargo, la producción de azúcar excede la demanda local por un monto suficiente, lo cual crea un exceso de producción disponible para la producción de etanol y/o la exportación de azúcar. La producción de etanol ha desplazado 48% de las exportaciones de azúcar con un impacto bajo en los precios domésticos del azúcar. Toda la producción de etanol de Colombia es suministrada por cinco destilerías de etanol cercanas a la ciudad de Cali, en el centro sur de Colombia. Las destilerías de etanol se agrupan dentro de instalaciones de producción y procesamiento industrial de azúcar más grandes. Una nueva planta de etanol en el molino de azúcar de Riopaila-Castilla debería estar funcionando para el final de 2015, lo cual agrega alrededor de 120 millones de litros al año que contribuyen a un aumento de la producción doméstica promedio a 1.65 millones de litros al día. Las importaciones de etanol representan alrededor de 1% del consumo colombiano de biocombustible de etanol, principalmente de Estados Unidos de América (EUA) y Ecuador. Después de aumentos incrementales en el consumo de gasolina, se

estima que el consumo de etanol en 2015 alcance los 430 millones de litros y se incremente a 510 millones de litros en 2016. Como resultado de las políticas proteccionistas de intercambio, el consumo colombiano de etanol depende casi completamente de la producción doméstica de etanol para satisfacer el mandato de mezcla E8. Sin embargo, la nueva planta de etanol que se espera que comience a funcionar al final de 2015 contribuirá a la producción nacional y probablemente cumpla con el mandato de mezcla E8 en 2016 (Gilbert y Pinzón, 2015).

Costa Rica

No se ha implementado una política de biocombustibles para uso interno desde los intentos tempranos en 1981. Es por esto que los esfuerzos se dirigieron hacia el mercado externo, principalmente para los EUA. Actualmente se han recomendado estudios para el desarrollo del mercado interno. Costa Rica produce 5 millones de toneladas de caña de azúcar en 54 mil hectáreas industrializadas por 15 molinos de caña de azúcar.

Cuba

Es por tradición un país productor de azúcar y estuvo entre los tres principales productores de azúcar del mundo desde 1950 hasta finales de los 80. Sin embargo, la industria cubana se ha enfrentado a dificultades serias en las últimas décadas. La producción de caña de azúcar cubana se redujo de poco más de 1 millón de hectáreas en 2000 a 330 mil hectáreas en 2007, un descenso que provocó el cierre de más de la mitad de los molinos de azúcar de la nación. La zona de plantíos de caña de azúcar ha aumentado lentamente hasta 506 mil hectáreas en 2011, debido al aprovechamiento de un precio global del azúcar más alto y un aumento de la demanda. Un mandato general gubernamental de 1993 estableció que los biocombustibles no deben competir con la producción alimentaria. Sin embargo, los estudios recientes han mostrado la posibilidad de mezclas de combustible con etanol de hasta 8%. Para la producción de etanol a partir de forrajes que no compiten con alimentos, Havana Energy anunció en diciembre de 2012 una inversión de 50 millones de dólares en el molino de azúcar Ciro Redondo para la producción de etanol a partir de la yerba marabú (*Dichrostachys cinerea*), la cual es una especie invasora de las tierras de cultivo inactivas (Ludena, 2014).

Guatemala

Tiene el mayor potencial para ser líder en América Central en la producción, el comercio y el consumo de biocombustibles. Actualmente, el país es el productor número 1 de caña de azúcar en la región. En 2012, Guatemala produjo 2.5 millones de toneladas de azúcar cruda, de las cuales se exportaron 1.6 millones de toneladas. Tiene una capacidad de procesamiento combinado de 130 mil toneladas al día a partir de sus 14 molinos de azúcar. Actualmente, cinco de los 14 molinos de azúcar también producen etanol, cuya producción alcanzó los 269 millones de litros en 2011 (Tay, 2013). En 2012 se produjeron 464 millones de litros de etanol (EIA, 2012). Todo el etanol deshidratado se exporta principalmente a Europa y a EUA. El mercado interno para los biocombustibles no se ha desarrollado. La industria azucarera de Guatemala fácilmente podría proveer el etanol requerido para el consumo doméstico de E10 y tiene el potencial de proveer etanol para toda la región centroamericana. Hay varios obstáculos que Guatemala debe superar para implementar una política viable de biocombustibles y es necesario que los múltiples sectores involucrados lleguen a un consenso (Tay, 2013). Sin embargo, el Ministerio de Energía y Minas de Guatemala llevó a cabo una prueba piloto de etanol (E5) con 23 vehículos y cinco motocicletas durante cuatro meses en 2015 y se están llevando a cabo esfuerzos de la APAG (Asociación de Productores de Alcohol de Guatemala) para comenzar un mandato de mezcla de etanol en 2016 (Guatemala, 2015 http://www.mem.gob.gt/2015/09/mezcla-de-5-de-etanol-con-primeros-resultados/). En noviembre de 2015 se anunció un permiso de mezcla de etanol anhídrico de hasta 10% (E10) como aditivo en la gasolina para sustituir el aditivo de manganeso impulsador del octanaje (Guatemala, 2015).

Guyana

Es un productor tradicional de caña de azúcar. Guyana tiene ocho molinos de azúcar que en 2009 procesaron 3.5 millones de toneladas de caña provenientes de 50 mil hectáreas. La capacidad de producción de etanol alcanza 30.8 millones de litros al año. A pesar del interés por el mandato E10, actualmente no hay un programa de promoción de los biocombustibles. La demanda potencial actual de etanol anhídrico sería de 11.6 millones de litros para una mezcla E10.

Jamaica

Es el primer exportador de etanol y el segundo más grande productor de azúcar en el Caribe. En 2012 se produjeron 174 millones de litros de etanol de caña de azúcar. En noviembre de 2009 se implementó un mandato E10, lo cual creó efectivamente un mercado doméstico para el etanol. El Gobierno jamaiquino estableció una estrategia nacional para la adaptación de la industria azucarera de 2006 a 2020, la cual presenta un plan para producir azúcar, melaza y etanol. Hay tres plantas de deshidratación de etanol en total con una capacidad conjunta de 830 millones de litros al año. Las plantas producen etanol para el consumo local y la exportación a EUA. El mercado de etanol en Jamaica está extremadamente influenciado por los eventos internacionales. La producción se incrementó de 114 a 400 millones de litros entre 2005 y 2009, pero se redujo fuertemente a 116 millones de litros en 2010 y 170 millones de litros en 2011. Los precios de las materias primas importadas de Brasil y del etanol de grado de combustible en EUA afectan la viabilidad de la industria jamaiquina de etanol. El renacimiento de la industria de la caña de azúcar en Jamaica vinculado a la producción de etanol dependerá también de estas dinámicas económicas. Aun así, gran parte del enfoque en la industria de biocombustibles de Jamaica se ha puesto en el etanol (Ludena, 2014).

México

Es el segundo productor más grande de caña de azúcar y azúcar en ALC. Actualmente no opera un programa específico de promoción de biocombustibles en México. En 2008 se lanzó la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos. El plan estableció el objetivo general de reducir la dependencia de los combustibles fósiles, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en las ciudades e impulsar el desarrollo sostenible en el campo. En materia de biocombustibles, se publicaron dos documentos clave: el Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico, y el Programa de Introducción de Bioenergéticos en México. Ambos vislumbraron que la industria de biocombustibles se desarrollaría de 2007 a 2012. En 2010 el Gobierno planificó el comienzo del uso del etanol como oxigenante de la gasolina –a un volumen de 6%– para el combustible consumido en las tres ciudades más grandes –Ciudad de México, Monterrey y Guadalajara–. El objetivo de producción inicial se fijó en 176 millones de litros y alcanzó 802 millones en 2012. Sin embargo, debido a que se canceló la primera oferta de compra de etanol para cumplir con el programa de introducción de biocombustibles a causa del bajo precio establecido por PEMEX –el único comprador–, el Gobierno tuvo que redefinir las estrategias, objetivos y alcance del Programa de Introducción de Biocombustibles. El nuevo gobierno del presidente Enrique Peña Nieto recientemente publicó su Plan Nacional de Desarrollo para el periodo 2013 a 2018 y en cuanto a la energía renovable, éste declara que se establecerán los objetivos apropiados. Esto incluye la introducción gradual de biocombustibles –empezando por el etanol– en el sector de transporte y el trabajo del Gobierno para la identificación y diseminación de paquetes tecnológicos, incluida la selección de cultivos para la producción de biocombustibles y la publicación de información sobre cómo producirlos. A pesar de los problemas con los que se ha topado la implementación de los biocombustibles, los expertos mexicanos coinciden en que la caña de azúcar tiene el mayor potencial como forraje de biocombustibles para la producción de etanol. Esto se debe a que el país ya produce etanol no usado como combustible como un subproducto del procesamiento de la caña de azúcar y a que México tiene una experiencia sustancial con la industria de la caña de azúcar (18 de sus 57 molinos de azúcar tienen capacidades de destilación de etanol, pero de éstos sólo ocho actualmente producen etanol para las industrias de bebidas y farmacéutica. En años recientes, fluctuaciones fuertes en el precio del azúcar han llevado a algunos productores a explorar esquemas para la producción de etanol como combustible. La producción de caña de azúcar actual de México tiene el potencial de reemplazar 22% del consumo de gasolina del país en 2011 y se podrían plantar 2.9 millones de hectáreas adicionales de caña de azúcar sin afectar negativamente a las tierras agrícolas, los bosques o las áreas protegidas (Eastmond *et al*., 2014).

Nicaragua

El país tiene una producción de 5.46 millones de toneladas de caña de azúcar a partir de 65 mil hectáreas y es el segundo mayor productor centroamericano después de Guatemala. Sin embargo, actualmente no opera un programa de promoción específico de

biocombustibles en el país. La industria de caña de azúcar tiene cuatro molinos con una capacidad de procesamiento promedio de 34 mil toneladas al día.

Paraguay

Después de Brasil, Paraguay fue el segundo país de ALC en usar etanol mezclado con gasolina. Sin embargo, apenas en 2005 se aprobó una política de biocombustibles que permitió un mandato E18 y hoy día está en proceso un mandato E25. En 2016, Paraguay proyectó producir un récord de 215 millones de litros de bioetanol. Hay 12 plantas de bioetanol en Paraguay, con una capacidad total de producción de 340 millones de litros al año. Sólo tres plantas producen exclusivamente a partir de caña de azúcar, incluida la Petropar, que es propiedad del Estado. Las otras nueve plantas tienen la flexibilidad de usar caña de azúcar o granos como forraje. La planta más pequeña tiene una capacidad de producción de 5 millones de litros al año, mientras que la más grande –por mucho– tiene una capacidad de producción de 150 millones de litros. La mayoría de estas plantas se ubican al este de Asunción, la capital de Paraguay. Las plantas más grandes suelen ser propietarias de plantíos de caña y tienen una productividad mayor a la de la mayoría de los agricultores independientes. Se estima que 65% del etanol producido en Paraguay en 2016 vendrá de la caña de azúcar, mientras que el resto se producirá de granos –principalmente, maíz–. En 2014 estos porcentajes eran los contrarios. El cambio es el resultado de una ley recientemente aprobada qué determinó que el bioetanol se deberá producir de caña de azúcar y que, cuando ésta ya no esté disponible, se podrá producir a partir de otros forrajes. Esto claramente da una ventaja significativa a la caña de azúcar y la ley pretende ayudar a los pequeños productores de caña. Hay ocho molinos de azúcar en Paraguay, de los cuales dos tienen destilerías que producen etanol anhídrico; además, hay dos destilerías que producen etanol hidratado, 12 destilerías autónomas y 10 deshidratadoras. Paraguay tiene aproximadamente 110 mil hectáreas de caña de azúcar, con aproximadamente de 23 mil a 25 mil pequeños productores de caña. La productividad es baja comparada con la de los países vecinos debido al uso de suelos marginales, tierra degradada y viejas variedades de caña poco productivas. Por medio de la Ley 5444 de julio de 2015, el Gobierno debe implementar un programa nacional para mejorar la eficiencia de la caña de azúcar en los niveles del pequeño agricultor e industrial. Siempre y cuando el Gobierno mantenga el mandato de mezcla actual y se expanda lentamente el crecimiento de los vehículos de combustible flexible, el consumo total en el corto plazo básicamente estará vinculado al aumento de la demanda de gasolina. Sin embargo, con las nuevas políticas, la importación –libre de impuestos– de E85 y automóviles de combustible flexible y la conversión de muchos motores a combustible flexible, se espera que el uso de gasolina –y por lo tanto, etanol– aumente su proporción. Actualmente se estima que la proporción es de aproximadamente 65/35. El uso de los automóviles de combustible flexible y E85 han fomentado el uso de la gasolina E85. Un gran aumento del consumo de etanol en Paraguay dependería de una expansión del uso de los automóviles de combustible flexible, que actualmente representan aproximadamente 3% del total de 800 mil automóviles que operan en la nación. Se espera que la Ley 5444 de julio de 2015 impulse el consumo de etanol, especialmente con la cobertura del suministro en todo el país. Algunas proyecciones privadas para 2020 colocan el consumo de etanol deshidratado en 450 millones de litros y de etanol hídrico –usado en los vehículos de combustible flexible– en 200 millones de litros (Joseph, 2015b).

Perú

Es el séptimo productor más grande de caña de azúcar y azúcar en ALC (FAO, 2012) y tiene los mayores rendimientos de la caña de azúcar con un promedio de 140 toneladas por hectárea (USDA, 2015). En 2015 la producción de etanol alcanzó 245 millones de litros y actualmente existe el mandato E7.8. La industria del etanol es relativamente nueva en Perú; comenzó a operar en agosto de 2009. El país tiene dos instalaciones modernas de producción de etanol de caña de azúcar, ambas en el estado de Piura –aproximadamente 1 mil km al norte de Lima–. Estas instalaciones aprovechan las condiciones climáticas favorables de Piura –mucha luz solar debido a su cercanía al Ecuador–. A pesar de recibir un promedio de solamente 25 mm de lluvia al año, la caña de azúcar se cultiva todo el año en estas instalaciones gracias a la tecnología moderna de riego por goteo que usa agua extraída del Río Chira. Sin embargo, un cierre reciente de la planta de etanol Aurora –responsable de 40% de la producción peruana de etanol– reducirá la producción de

etanol en 2016. Los planes de la instalación Aurora contemplan convertir sus 6 mil hectáreas de caña de azúcar a la producción de azúcar. En 2016 las exportaciones de etanol podrían alcanzar 69 millones de litros, sobre todo a la Unión Europea y Canadá. Los productores peruanos de etanol a menudo encuentran mejores precios en los mercados extranjeros que en su país. Hay algunos productores de caña de azúcar que están evaluando la viabilidad económica de dedicar parte de su cosecha a la producción de etanol. En términos de las proyecciones de consumo, si no ocurren cambios en el mandato actual de la mezcla o en el consumo de gasolina (E7.8), los consumos de etanol podrían estabilizarse en cerca de 170 millones de litros al año (Nolte, 2015).

Trinidad y Tobago

En 2012 produjo 128 millones de litros de etanol (EIA, 2012). Sin embargo, la industria de la caña de azúcar ha decaído a pesar de los esfuerzos para revivirla. Desde 2008, el Gobierno de Trinidad y Tobago desmanteló la industria azucarera y no consideró un desplazamiento hacia la producción de biocombustibles. El desarrollo de los biocombustibles en Trinidad y Tobago parece poco probable debido a dos razones principales: las ventas domésticas de combustible están subsidiadas en gran medida y el retiro de la tarifa de importación del Gobierno estadounidense para los países que no forman parte de la Iniciativa de la Cuenca del Caribe vuelven el negocio de deshidratar el etanol hídrico brasileño en el Caribe menos competitivo que importar directamente el etanol anhídrico de Brasil a EUA (Ludena, 2014).

Tomando en cuenta la experiencia en la producción de caña de azúcar, la disponibilidad de tierra para la expansión del cultivo y los avances recientes en el uso de etanol y en los incentivos (mandatos de mezcla), la región ALC tiene una capacidad fuerte de producir y proveer grandes cantidades de bioetanol para satisfacer el mercado interno y las exportaciones. El desarrollo del etanol en ALC puede ser muy benéfico si se realizan estudios y esfuerzos conjuntos entre las instituciones de investigación dedicadas a la caña de azúcar, ubicadas en varios países de ALC, como se muestra en la Figura 9.

Como ejemplo del potencial de los países de ALC para producir bioetanol, la Figura 10 muestra cuánta tierra se requiere para una mezcla de gasolina de 10% –E10– con base en el consumo de gasolina de 2012. Se excluyó a Brasil, Paraguay y Guatemala tomando en cuenta que estos países ya producen más etanol que la demanda necesaria para una mezcla de gasolina de 10%. El ejercicio muestra que, en general:

- Para tres cuartas partes de los países de ALC, una expansión de la caña de azúcar de hasta 40% del área cultivada de caña de azúcar actual sería suficiente para producir suficiente mezcla E10. En México, que presenta un alto consumo de gasolina –45.1 mil millones de litros al año–, el área de cultivo de caña de azúcar necesitaría duplicarse para conseguir una producción suficiente.
- Expansiones pequeñas de la caña de azúcar en la tierra de pastura en ALC serían suficientes para producir caña de azúcar e implementar el mandato E10 –excepto en Barbados, Surinam y Jamaica–.

6. El Proyecto de Energía IANAS

El Proyecto de Energía IANAS es una colaboración de las Academias de Ciencias de las Américas para aplicar la ciencia y la ingeniería avanzadas a los programas de energía sostenible en el hemisferio occidental. El proyecto se inspiró en un informe elaborado por el Consejo Interacadémico (InterAcademy Council, IAC) en 2007 llamado "Lighting the way: Toward a sustainable energy future" –"Alumbrando el camino: hacia un futuro energético sostenible"–.

El objetivo del Proyecto es aplicar las recomendaciones de este informe global en el continente americano. El Proyecto se inició en el Taller de Energía de IANAS que se realizó del 30 al 31 de octubre de 2008 en Buenos Aires, Argentina. El informe del taller declaró lo siguiente:

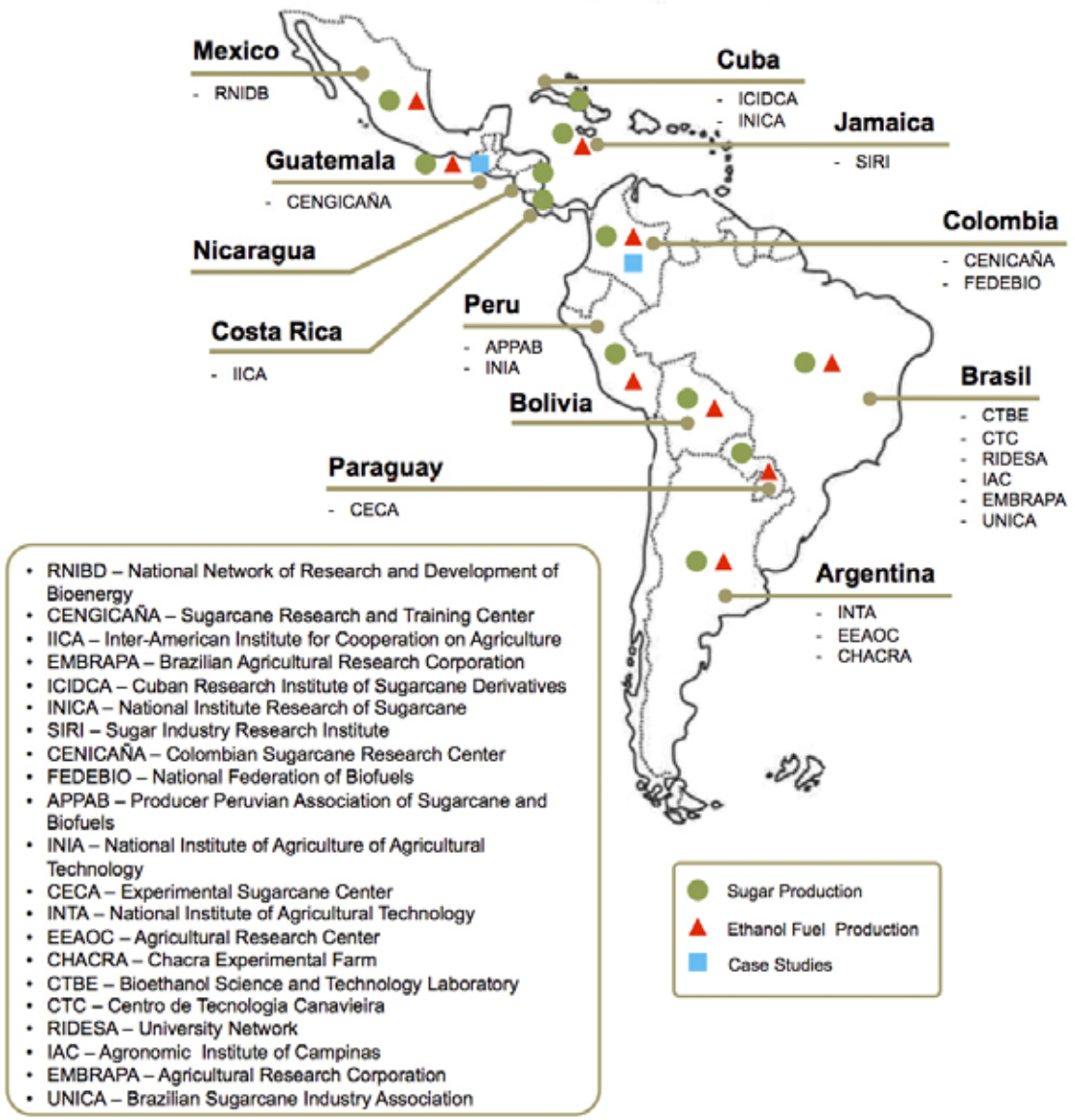
> *Las Academias de Ciencias no poseen toda la experiencia necesaria para resolver estos problemas grandes y complejos; parte del conocimiento y las habilidades necesarias se encuentran en el sector privado y otra parte se encuentra en el Gobierno. Las Academias, por lo tanto, necesitan convertirse en los centros neurálgicos de las redes, organizando, filtrando y analizando información y haciendo recomendaciones de políticas públicas balanceadas y coherentes. Las*

Academias también necesitan fortalecer su entendimiento del proceso de creación de políticas y de los factores sociales, políticos y económicos que pueden restringir las opciones que tienen a su disposición los gobiernos.

La colaboración de Energía IANAS se enfoca en seis prioridades:

1. **Energía para poblaciones desatendidas:** Trabajar con la comunidad científica y tecnológica de la región de Sudamérica y el Caribe por medio de las Academias (y/o otras instituciones representativas en los países que no tengan Academias de Ciencias) para proporcionar los mejores consejos posibles basados en evidencia a los gobiernos con respecto a la política energética;
2. **Eficiencia energética**
3. **Energía renovable**
4. **Bioenergía:** Desde la generación hasta el uso final y el desarrollo y despliegue de fuentes de energía renovables y de bajas emisiones de

Figura 9. Centros de investigación y organizaciones dedicadas al azúcar y el etanol en ALC



Fuente: adaptado de Cortez, 2012.

carbono, éstos deben ser los objetivos fundamentales de toda la política energética futura. Un plan tecnológico de tecnologías energéticas renovables debe convertirse en un componente clave de las estrategias de desarrollo en todos los países de la región;

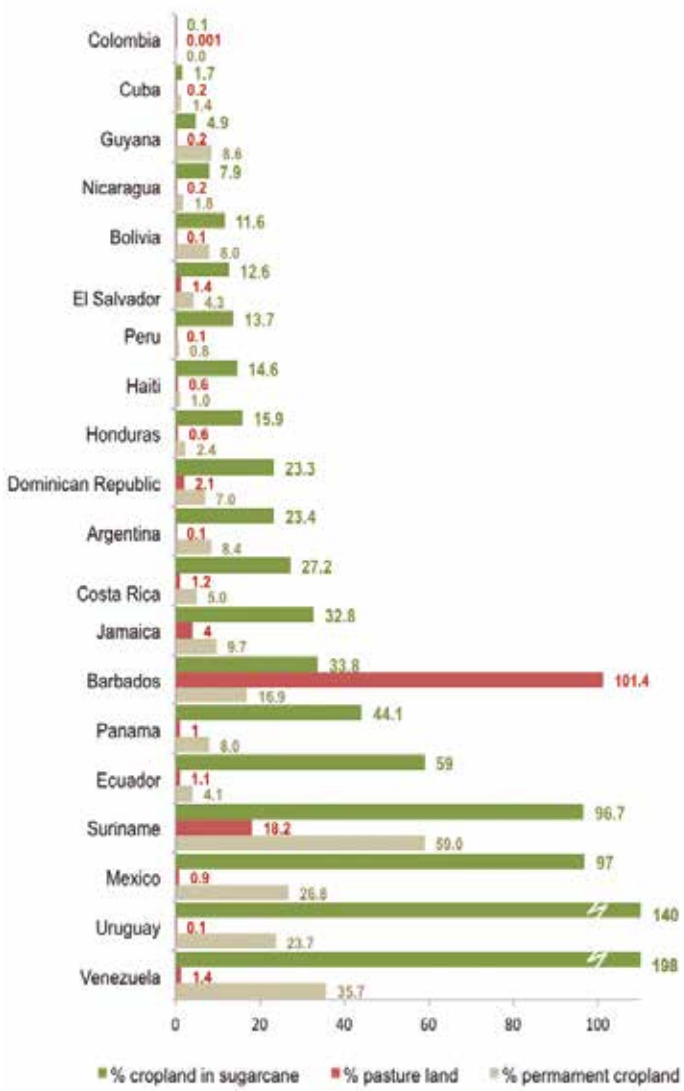
5. **Información y educación:** Se necesita urgentemente un programa dinámico constructor de capacidades que atienda a todos los niveles educativos desde la escuela primaria hasta la ciencia e ingeniería profesionales avanzadas enfocadas en la energía; este programa debe comenzar inmediatamente;
6. **Construcción de capacidad:** es esencial fomentar la participación de los ciudadanos de cada país en esta transición. Se necesita urgentemente un programa de información y creación de conciencia sobre la energía. Las agencias multilaterales como la OAS y los organismos como IADB y el Banco Mundial deben intensificar su enfoque en las políticas, las tecnologías y las prácticas energéticas.

Las reuniones inaugurales del Proyecto de Energía IANAS se llevaron a cabo del 6 al 7 de diciembre de 2010 y del 9 al 10 de junio de 2011 en Bogotá, Colombia, con la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales como anfitrión.

Las reuniones pusieron en marcha equipos multinacionales en cada una de las áreas de prioridad. Los equipos intercambiaron información sobre sus actividades actuales y planeadas, expandieron la participación para incluir a países adicionales, iniciaron actividades de colaboración con otros programas nacionales e internacionales e hicieron planes preliminares de proyectos desde 2011 a 2013.

La estrategia del proyecto es integrar su trabajo con las actividades relacionadas buscando oportunidades para colaborar y evitar duplicar el trabajo. La oficina regional de ICSU para América Latina y el Caribe, la Sociedad de Energía y Clima de las Américas (Energy and Climate Partnership of the Americas, ECPA), los programas expandidos del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización de Estados Americanos (OEA) están trabajando con los mismos países que el Proyecto IANAS. La Asociación Ministerial Global de Energía Limpia, la Convención del Marco de las Naciones Unidas posterior a la Convención de Cancún sobre las Actividades de Cambio

Figura 10. Requerimientos de tierra agrícola para producir bioetanol para una mezcla de gasolina de 10% (porcentajes de tierra de cultivo de caña de azúcar, tierra de pastura y tierra de cosechas permanentes): año base 2012



Climático y los programas del grupo del Banco Mundial también están aportando un apoyo nuevo y expandido para los programas sostenibles.

En esta área de expansión, el papel de IANAS es insertar la ciencia y la ingeniería avanzadas en estas actividades. Como iniciativa multinacional está buscando identificar los intereses comunes de los grupos de países para que puedan mejorar la efectividad y reducir el costo de los programas colaborativos.

Los participantes iniciales del proyecto incluyen a 16 miembros de IANAS: las Academias de Argentina, Bolivia, Brasil, Canadá, la Unión Científica Caribeña, Chile, Colombia, Cuba, República Dominicana, Guatemala, México, Nicaragua, Perú, Estados Unidos de América y Venezuela. También participan las comunidades científicas de Ecuador, Honduras, Panamá y Paraguay. El Informe de Buenos Aires señala la importancia de expandir la participación a través de instituciones científicas en las Américas.

7. La Sociedad de Bioenergía IANAS/FAPESP

En 2012, IANAS y la Fundación de Investigación de Sao Paulo (FAPESP) firmaron un Memorando de Entendimiento con el fin de desarrollar una sociedad para seleccionar y financiar a estudiantes, investigadores y proyectos de investigación (http://www.fapesp.br/en/7015).

La Sociedad de Bioenergía IANAS/FAPESP fue creada en 2012 como parte del Programa de Energía IANAS y unió sus esfuerzos con los del proyecto Contribución Bioenergética de América Latina y el Caribe y África a la Iniciativa GSB (LACAf-Cane). La sociedad se creó con el objetivo de integrar su trabajo con las actividades relacionadas, buscar oportunidades para la colaboración y evitar el trabajo duplicado. El proyecto se estructuró en asociación con otro esfuerzo global conocido como la Iniciativa Global de Bioenergía Sostenible: la Iniciativa GSB.

La Iniciativa Global de Bioenergía Sostenible (Global Sustainable Bioenergy, GSB) se inició como proyecto en 2009 a cargo de un grupo de científicos, ingenieros y expertos en política provenientes de universidades, agencias gubernamentales y el sector de organizaciones sin fines de lucro de todo el mundo, con la meta general de proveer orientación con respecto a la factibilidad y la conveniencia de un futuro sostenible con un uso intensivo de bioenergía. En el verano de 2009, en representación de la Iniciativa GSB, los organizadores declararon lo siguiente (Lynd, 2009):

> *Aunque hay una resistencia natural a considerar el cambio, debemos hacerlo porque la humanidad no puede esperar conseguir un futuro sostenible y seguro si continúan las prácticas que han llevado al presente insostenible e inseguro.*

De acuerdo con esta perspectiva, la Iniciativa GSB busca realizar un enfoque diferente de las muchas iniciativas valiosas en el campo de la bioenergía. En lugar de concentrarse en la alternativa más probable, la Iniciativa GSB busca construir un nuevo entendimiento y un consenso. En lugar de tener al presente como punto de referencia, la Iniciativa GSB procura desarrollar una visión sostenible del futuro.

El objetivo central de la Iniciativa es *probar la hipótesis de que es físicamente posible que la bioenergía satisfaga de manera sostenible una parte sustancial de la demanda futura de servicios de energía (≥ 25% de la movilidad global o su equivalente para 2050) al mismo tiempo que se alimenta a la humanidad y se cumplen otras necesidades de las tierras administradas, se conserva el hábitat de la vida silvestre y se mantiene la calidad ambiental.*

Algunos aspectos importantes de la Iniciativa GSB son:

a. Evaluar el potencial global de la producción de bioenergía;
b. Considerar varios forrajes posibles, incluida la caña de azúcar, el pasto varilla ("switch grass"), el agave, el *miscanthus* y otros;
c. Hacer una evaluación de largo plazo usando el año 2050 como horizonte de referencia.

La Iniciativa GSB está estructurada para que se implemente en tres etapas:

Etapa 1 (completada en 2010). Realizar cinco convenciones continentales con los siguientes resultados:

a. Apoyar una resolución común sobre la importancia de la bioenergía y los objetivos de la Iniciativa GSB;
b. Recopilar aportaciones y comentarios para estructurar el análisis que se llevará a cabo en las etapas 2 y 3;
c. Aprobar resoluciones que representen perspectivas sobre la bioenergía, incluyendo preguntas y oportunidades clave de cada uno de los continentes del mundo;
d. Escribir un reporte que incluya los puntos a, b y c;
e. Reclutar participantes y apoyo para las etapas 2 y 3.

Etapa 2. Explorar, si es físicamente posible, que la bioenergía satisfaga una parte sustancial de la de-

manda futura de servicios energéticos, por ejemplo, 150 EJ anualmente que corresponde a 23% del suministro primario de energía en el Escenario del mapa azul de IEA (2010) y, de ser así, cómo lo sería;

Etapa 3. Analizar y recomendar rutas de transición y políticas conforme a los resultados obtenidos en la etapa 2, incorporando el análisis de los asuntos macroeconómicos, ambientales, éticos y de equidad, así como los efectos de escala local sobre las economías rurales. La etapa 3 también incluye lo siguiente:

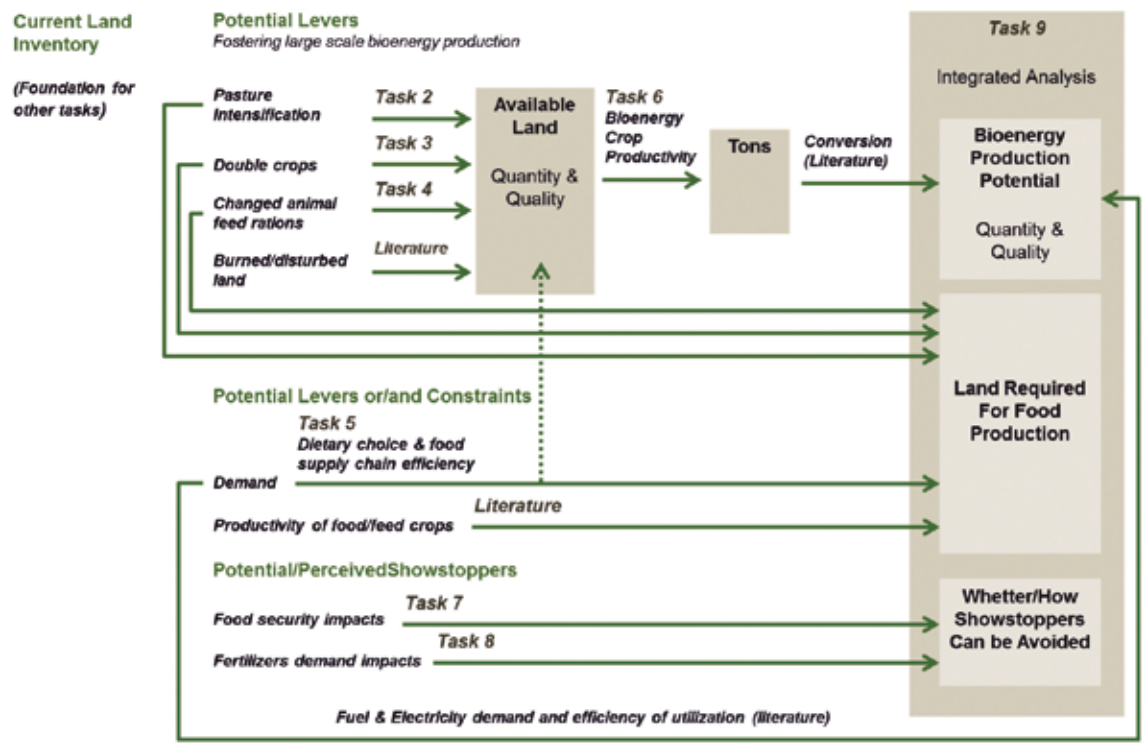
- Rutas de transición
- Políticas habilitadoras
- Aspectos económicos
- Asuntos éticos y de equidad
- Análisis de escala local para validar y ejemplificar la visión desarrollada en la Etapa 2
- Aspectos de desarrollo económico rural
- Consecuencias para los países en desarrollo
- Comercialización
- Otras consideraciones importantes identificadas a lo largo del proyecto

La iniciativa GSB ya llevó a cabo la Etapa 1. El texto completo de las convenciones continentales de América Latina y África se encuentra en línea (http://bioenfapesp.org/gsb/index.php). En la Etapa 2 habrá 9 tareas que realizar, presentadas en la Figura 11.

El Proyecto LACAf-Cane tiene como objetivo contribuir al Proyecto GSB con seis proyectos secundarios, varios de ellos alineados con las tareas de GSB anteriormente presentadas. Su misión principal es pronosticar la producción sostenible de bioenergía de caña de azúcar (incluidos los aspectos sociales, ambientales y económicos) en América Latina, el Caribe y África. Los proyectos secundarios de LACAf-Cane son los siguientes:

1. Diagnóstico de la situación energética y alimentaria en América Latina y África y análisis integrado
Abordar aspectos fundamentales –ambientales, sociales, tecnológicos, económicos e institucionales– tomando en cuenta la situación actual y destacando las tendencias más evidentes con el fin de evaluar el contexto actual para promover la bioenergía sostenible a base de caña de azúcar.

Figura 11. Interrelación de las tareas para la Etapa 2 de GSB



Nota: La Tarea 1 está relacionada con el inventario del uso de la tierra y es la base de otras tareas.

2. Determinar el potencial físico para la producción de etanol a base de caña de azúcar en América Latina y África

Identificar zonas potenciales para la producción de caña de azúcar en países africanos y latinoamericanos y cuantificar los diferentes potenciales de producción de los cultivos de caña de azúcar en estos países.

3. Modelos de producción

Para determinar los artículos más importantes y el plan de acción correspondiente que conducirá a las tecnologías de producción de etanol de caña de azúcar desde la etapa presente hasta una etapa de desempeño deseado, hay que tener en mente las particularidades de cada país estudiado.

Para ello es obligatorio seleccionar un modelo último de producción que tome en cuenta las condiciones particulares de cada país estudiado tales como:

- Motivación más poderosa: seguridad energética, reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, apoyo a la agricultura.
- Modelo de producción agrícola: propiedad de la tierra, tamaño de las propiedades y nivel de la capacidad local, mecanización, cultivos principales y prácticas agrícolas actuales.
- Impactos en la producción de alimentos: alimentos básicos principales, disponibilidad de tierra y agua, producción planificada de biocombustibles.
- Marco reglamentario: programas de apoyo a los biocombustibles, objetivos de energía renovable y apoyo a la investigación y desarrollo de biocombustibles.

4. Biocombustibles y seguridad alimentaria en ALC y África

Entregar una evaluación crítica de los impactos que podrían surgir de un incremento sustancial en la producción de biocombustibles (principalmente a partir de caña de azúcar) en la seguridad alimentaria. El proyecto tiene cuatro pilares fundamentales, todos ellos relacionados con los asuntos que afectan a la seguridad alimentaria conforme a los potenciales de expansión de biocombustibles y bioenergía en África, con base en los cuatro programas de ALCAf:

- Contribuir a la evaluación del potencial de bioenergía en ALC y África
- Ayudar en la evaluación de los impactos potenciales de la aplicación de fertilizantes
- Evaluar las implicaciones de los biocombustibles en la seguridad alimentaria
- Investigar los impactos sociales y económicos

5. Escenarios de bioenergía y alimentos

Se hará énfasis en los aspectos siguientes:

- Expansión de la producción de bioetanol
- Expansión de la producción de los cultivos alimenticios principales
- Evolución esperada de la productividad
- Expansión de tierra requerida
- Inversiones requeridas
- Impacto de estas inversiones en la inversión y el ingreso nacionales
- Impacto en la balanza comercial externa

Preguntas:

1. ¿Cuáles son las condiciones efectivas de la expansión productiva de etanol de caña de azúcar en un grupo de países en desarrollo de ALC y África?
2. ¿Cuáles podrían ser los impactos económicos del aumento de la producción de etanol en un grupo seleccionado de países en desarrollo?

6. Impactos sociales y desarrollo económico

Entre otros asuntos, el proyecto puede comprender los siguientes:

- Deben considerarse los asuntos relacionados con la situación agraria y de propiedad de la tierra en los países que son sujetos de estudio. Esto generará información para definir los modelos productivos.
- Asuntos relacionados con la disponibilidad de personas hábiles/capacitadas en los casos estudiados.
- Infraestructura existente en los países seleccionados.

El siguiente es el equipo de investigación involucrado en el Proyecto LACAf (esta lista se modificará para incluir las colaboraciones recientes):

Brasil: Luis A. B. Cortez (Unicamp), Luiz A. H. Nogueira (Unicamp), Manoel Regis V. L. Leal (CTBE), Edgar F. de Beauclair (USP), Antônio Bonomi (CTBE), Otávio Cavalett (CTBE), Luiz Martinelli (USP), Marcelo Cunha (Unicamp), Suani Coelho (USP), Felipe Gomes (Pedológica), Fernando Bertolani (CTC), André Nassar (Agroicone), Marco Ospina (Unicamp), Rafael

A. Moraes (Unicamp), Luiz G. A. de Souza (Unicamp), João G. D. Leite (Unicamp), Simone P. de Souza (Unicamp), Ricardo Baldassin Jr (Unicamp).

Mozambique: Rui da Maia (Technical Univ. Mozambique), João Chidamoio (Universidad Eduardo Mondlane)

Sudáfrica: Annie Chimphango (Universidad Stellenbosch), Emile van Zyl (Universidad Stellenbosch), Johann Gorgens (Universidad Stellenbosch)

Colombia: Vyacheslav Kafarov (Universidad Industrial de Santander), Nicolás Javier Gil Zapata (CENICAÑA), Jorge Bendeck Olivella (Fedebio), Carlos Alberto Mateus Hoyos (Fedebio), Sonia Lucía Rincón Prat y José María Rincón Martínez (Universidad Nacional de Colombia), Jorge Alberto Valencia Marín (UPME)

Estados Unidos y Europa: Lee Lynd (Dartmouth University), John Sheehan (Colorado State University) Virginia Dale and Keith Kline (ORNL) Patricia Osseweijer and Luuk van der Wielen (TU Delft/BE-Basic Foundation), Jeremy Woods (Imperial College), Stephen Long (University of Illinois), Luis Alves (Universidad Lusófona), Helen Watson (University of KwaZulu-Natal), Bruce Dale (Michigan State University).

Nueva Alianza para el Desarrollo de África (The New Partnership for Africa's Development, NEPAD): Mossad Elmissy

8. Conclusión

La región de ALC presenta condiciones comparativas excelentes para garantizar su seguridad alimentaria y energética y, al mismo tiempo, proteger su biodiversidad. Estas conclusiones forman parte del Informe SCOPE UNESCO y del Proyecto FAPESP/IANAS LACAf presentado en este texto.

Además de ser una región con una población relativamente baja y gran disponibilidad de tierra fértil, ALC también presenta un buen panorama técnico y científico (ingenieros y científicos con experiencia en el área de bioenergía). Brasil, por ejemplo, es el país con más experiencia –40 años– de un programa de bioetanol de caña de azúcar que beneficia a la matriz energética del país, al desarrollo rural y a la generación de empleos y riqueza al mismo tiempo que contribuye a mitigar los gases de efecto invernadero a nivel global.

Otras iniciativas, como las actividades argentinas y colombianas de biodiésel y etanol, también son ejemplos de cómo la región ha logrado exitosamente hacer la transición del uso de biomasa tradicional al moderno. De hecho, varios otros países de América Latina están implementando programas para la sustitución de combustibles fósiles por bioenergía, incluyendo forrajes como caña de azúcar, frijol de soya, palma y bosques energéticos que usan principalmente eucalipto. El continente tiene una amplia experiencia en la producción de caña de azúcar y desde la época colonial ha creado las condiciones necesarias para establecer los primeros pasos de la producción de biocombustibles. La infraestructura existente en la región incluye centros de investigación y programas de posgrado existentes y también la capacidad de financiar la investigación.

También concluimos que aún se puede lograr mucho más en la región para combinar los objetivos de seguridad alimentaria, biodiversidad y seguridad energética. Hay suficiente tierra en el continente para hacer más contribuciones importantes. En el Proyecto ALCAf se presentan los casos de Colombia y Guatemala. Estos países ofrecen condiciones excepcionales para expandir su producción de bioenergía. El caso de Colombia tiene una gran importancia para la región porque presenta una ubicación favorable y condiciones de comercio estratégicas. Colombia está logrando un progreso considerable en la introducción de biocombustibles en su matriz energética y otros países deben seguir su ejemplo. El caso de Guatemala también es muy prometedor ya que, aunque el país todavía importa una parte considerable de su consumo de gasolina, presenta condiciones muy favorables para reducir sus importaciones de combustible.

Por lo tanto se espera que en los años venideros, aun con los bajos precios del petróleo, la región continúe promoviendo la producción de bioenergía para beneficiar el desarrollo rural y reducir su dependencia de los combustibles fósiles.

Reconocimiento

Damos un agradecimiento especial a la FAPESP (Fundación de investigación de São Paulo) por el apoyo financiero del proyecto IANAS/ALCAf. Los autores desean reconocer las importantes contribuciones del Prof. José Goldemberg y del Prof. José Roberto Moreira, ambos de IEE/USP, al revisar este texto.

Carlos H. B. Cruz

Brito Cruz se graduó de Ingeniería electrónica (ITA, 1978) y tiene un doctorado en Física (UNICAMP, 1983). Fue investigador visitante en el Laboratorio de Óptica Cuántica en la Universitá di Roma, en el Laboratorio de Investigación de Femtosegundos en la Universitè Pierre et Marie Curie e investigador residente en los Laboratorios Bell de AT&T en Holmdel, Nueva Jersey. Fue Director del Instituto de Física de Unicamp, Pro-rector para la Investigación y Rector de la universidad. Fue Presidente de FAPESP de 1996 a 2002. Brito Cruz es miembro de la Academia Brasileña de Ciencias, recibió la Ordre des Palmes Academiques de France, la Orden del Mérito Científico de la República Federativa de Brasil y la Orden del Imperio Británico (honorario) (Order of the British Empire, OBE).

Luís A. B. Cortez

Profesor titular de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la UNICAMP y vicerrector de Relaciones Internacionales en la UNICAMP. En la Fundación de apoyo a la investigación científica del estado de São Paulo-FAPESP, es coordinador adjunto de Programas especiales. Ha coordinado proyectos de bioenergía como un estudio sobre la expansión del etanol de caña de azúcar en Brasil; el Proyecto de política pública para el etanol de la FAPESP en I+D para una producción sustentable del etanol, así como el libro "Sugarcane Bioethanol: R&D in sustainability and productivity" publicado en 2010. Coordinó el proyecto "Roadmap for Sustainable Biofuels for Aviation in Brazil", publicado en 2014. En la actualidad, coordina el Proyecto LACAf-I de la FAPESP para promover la bioenergía en América Latina y África, y también participa en la organización de una nueva iniciativa en bioeconomía en São Paulo, el Agropolo Campinas-Brasil.

Luiz A. H. Nogueira

Licenciado y Doctor en Ingeniería Mecánica (UNESP,1978 y UNICAMP, 1987). Académico de la Universidad Federal de Itajubá (hasta 2003), Director Técnico de la Agencia Nacional de Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles-ANP (1998/2004), y actualmente, Investigador Asociado en el Centro Interdisciplinario de Planificación Energética - NIPE/UNICAMP y Consultor de las Naciones Unidas y Agencias Gubernamentales.

Ricardo Baldassin Junior

Licenciado en Ingeniería Mecánica (UNESP, 2002) y Doctor en Ingeniería Agrícola (UNICAMP, 2015). Investigador de la NIPE/UNICAMP en bioenergía, biocombustibles y termo-conversión de la biomasa.

José María Rincón Martínez

Químico egresado de la Universidad Nacional de Colombia (1964), hizo sus estudios de maestría en Ciencias de Combustibles en la Universidad de Manchester, Instituto de Ciencia y Tecnología, Inglaterra. Se desempeñó como jefe de Laboratorio en el Ingenio Azucarero Manuelita y director de plantas químicas en Shell, Colombia. Desde 1971 fue profesor del Departamento de Química de la Universidad Nacional, en donde creó el laboratorio de investigación de combustibles, y obtuvo los honores como profesor asociado y emérito. Fundador de Industrias Tecsol, empresa dedicada a investigación y desarrollo de procesos químicos en el área energética y ambiental, cofundador de Corpoema, entidad dedicada a la consultoría en el sector energético público y privado, creó la Red Iberoamericana de Bioenergía y fue participante de la junta editorial internacional de la revista *Fuel*. Miembro número de la Academia Colombiana de Ciencias, ha realizado más de 80 publicaciones, Editor del libro *Energía: sus perspectivas, su conversión y utilizaciones en Colombia*, y co-editor del libro *Bioenergía: fuentes, conversión y sustentabilidad*. Actualmente es colaborador de los ingenios azucareros en la evaluación del potencial de biocombustibles y desarrolla proyectos de generación eléctrica rural con energías renovables.

Referencias

ANFAVEA. *Brazilian Automotive Industry Yearbook 2015*. São Paulo, 2015.

Ayarza, J. A. C. *América Latina e o Etanol de Cana-de-açúcar: Diagnóstico do Ambiente Sistêmico e dos Fatores Críticos Competitivos, 2012*. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.

Barros, S. *Brazil Biofuels Annual: Ethanol and Biodiesel*. São Paulo, 2015.

Cerqueira Leite, R. C. De; Verde Leal, M. R. L.; Barbosa Cortez, L. A.; Griffin, W. M.; Gaya Scandiffio, M. I. Can Brazil replace 5% of the 2025 gasoline world demand with ethanol? *Energy*, v. 34, n. 5, pp. 655–661, 2009. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544208002958>

Cortez, L. A. B. Developing a bioenergy plan in Latin America & Caribbean that incorporates advanced technologies, 2012. La Paz, Bolivia: Interamerican Network of Academies of Science - IANAS. Disponible en: <http://www.ianas.org/PDF/BrazilDevelopingabioenergyplaninLatinAmerica&CaribbeanthatincorporatesadvancedtechnologiesLuisCortes.pdf>

Eastmond, A.; García, C.; Fuentes, A.; Becerril-García, J. Capítulo 9 - México. En: B. D. Solomon; R. Bailis (Eds.); *Sustainable Development of Biofuels in Latin America and the Caribbean*. pp. 203–222, 2014. New York: Springer.

EIA. EIA Beta. Disponible en: <http://www.eia.gov/beta/international/>

EPE. *Brazilian Energy Balance 2015: year 2014*. Río de Janeiro, 2015.

FAO. World Food Summit Plan of Action. Disponible en: <http://www.fao.org/wfs/index_en.htm>

FAO. *Food Security*. 2006.

FAO. FAOSTAT - FAO Statistic Division. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/home/E>

FAO. FAOSTAT - FAO Statistic Division. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/home/E>

Gilbert, A. J.; Pinzón, L. *Colombia Biofuels Annual: Trade Protection Worsens Biofuels Shortfall. A GAIN Report*. Bogotá, 2015.

Goldemberg, J. & Coelho, S. T. Renewable energy - Traditional biomass vs. modern biomass. Energy Policy, v. 32, n. 6, p. 711–714, 2004.

Goldemberg, J.; Coelho, S. T.; Guardabassi, P. The sustainability of ethanol production from sugarcane. Energy Policy, v. 36, n. 6, p. 2086–2097, 2008.

GRFA. Global Biofuel Mandates. Disponible en: <http://globalrfa.org/biofuels-map/>. .

GUATEMALA. Acuerdo Ministerial Número 334-2015, 2015. Guatemala. Disponible en: <http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Nomina-de-Productos-petroleros-334-2015.pdf>

IATA. Resolution on the Implementation of aviation "CNG2020" Strategy, 2013. Disponible en: <http://www.iata.org/pressroom/pr/Documents/agm69-resolution-cng2020.pdf>

IEA. *World Energy Outlook 2014*. París: IEA Publications, 2014.

IEA. *World Energy Outlook 2015*. París, 2015.

IPCC. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change - Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge ed. New York: Cambridge University Press, 2014.

IRENA. *Road transport: the cost of renewable solutions*. Alemania, 2013.

IRENA. *Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2014*. Emiratos Árabes Unidos, 2014.

IRENA. *IRENA POLICY BRIEF - Renewable Energy in Latin America 2015: An Overview of Policies*. Masdar, 2015.

Joseph, K. *Argentina Biofuels Annual 2015*. Buenos Aires, 2015a.

Joseph, K. *Paraguay Biofuels Annual 2015*. Buenos Aires, 2015b.

Ludena, C. E. Capítulo 10 - The Caribbean. In: B. D. Solomon; R. Bailis (Eds.); *Sustainable Development of Biofuels in Latin America and the Caribbean*. pp. 223–239, 2014. New York: Springer.

Lynd, L. R.; Sow, M.; Chimphango, A. F. *et al.* Bioenergy and African transformation. *Biotechnology for biofuels,* v. 8, n. 1, p. 18, 2015. Disponible en: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84924250801&partnerID= tZOtx3y1>

Nolte, G. E. *Peru Biofuels Annual*. Lima, 2015.

REN21. *Renewables 2015 Global Status Report*. París, 2015.

Smeets, E.; Junginger, M.; Faaij, A. *et al.* The sustainability of Brazilian ethanol-An assessment of the possibilities of certified production. *Biomass and Bioenergy,* v. 32, n. 8, pp. 781–813, 2008.

Souza, G. M.; Victoria, R. L.; Joly, C. A.; Verdade, L. M. *Bioenergy & Sustainability: bridging the gaps*. París: Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), 2015.

Tay, K. *Guatemala Biofuels Annual: Update on Ethanol and Biodiesel Issues*. Guatemala, 2013.

The World Bank Group. *The State of the Global Clean and Improved Cooking Sector: Technical Report 007/15*. Washington, 2015.

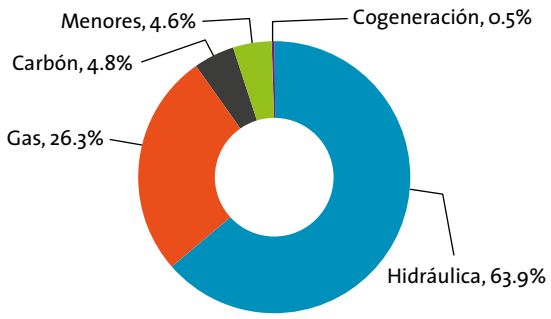
Box
Situación actual y perspectivas y perspectivas de la energía en Colombia

José María Rincón Martínez | Colombia

Colombia tiene cerca de 49 millones de habitantes, se encuentra ubicada en la esquina noroccidente de América del Sur y cuenta con un territorio de 1.141.748 km2 de superficie continental. La cordillera de los Andes, la cadena montañosa más importante de Latinoamérica, se divide en el territorio Colombiano en tres cordilleras (Arias J.J., 2009), que le confiere una variedad climática que abarca desde selvas húmedas y llanuras tropicales hasta páramos y nieves perpetuas por encima de los 4.000 metros de altura sobre el nivel del mar (García Angélica), las variaciones climáticas obedecen a la altitud, y la temperatura desciende aproximadamente 1°C por cada 150 metros que se ascienda a la cordillera. El clima se mantiene relativamente estable durante todo el año, con temporadas secas en diciembre-enero y en julio-agosto y de lluvias intensas en abril-mayo y octubre-noviembre (Colombia).

Las anteriores circunstancias, geográficas y climáticas con lluvias constantes y facilidad de embalse de agua, permiten que la producción de energía primaria se obtenga principalmente por la hidroelectricidad. La Figura 1 presenta la distribución porcentual de la capacidad instalada de energía por tipo de fuente. Esta concentración, en la producción de energía, hace que el sistema pueda ser vulnerable en el corto plazo debido a los ciclos hidrológicos en el país y a su variabilidad, tal como ocurre hoy por la intensificación del fenómeno del Niño debido al cambio climático, lo cual disminuye apreciablemente la oferta hídrica, hasta el punto extremo de tener que incrementar los precios de la electricidad para bajar el consumo y evitar el racionamiento.

Figura 1. Participación por Tipo de fuente de la capacidad instalada, 2014



Fuente: (UPME, 2015)

En términos del ranking de sostenibilidad, para el 2013, el país ocupó el cuarto lugar, lo cual es el resultado de la importante participación de fuentes de energía bajas en carbono.

Situación Actual

A continuación se presenta un resumen de las principales fuentes de energía utilizadas en el país, iniciando con los recursos fósiles.

Gas natural, la conversión de vehículos a gas natural vehicular (GNV) se ha desarrollado, en Colombia, gracias a la puesta en marcha de programas de incentivos, pero la incertidumbre en el abastecimiento y la consecuente señal de escasez ha desacelerado las conversiones y por ende el crecimiento en el consumo de GNV. En cuanto al consumo del sector residencial representa

39% del total, la refinación de hidrocarburos participa con el 37% y el sector industrial con 21%, incluyendo la generación eléctrica. En periodos de sequía, como sucede en la actualidad por el fenómeno del Niño, el requerimiento de las centrales térmicas es alto puesto que la capacidad de producción de los generadores hidroeléctricos es baja. A mediano y largo plazo, las estimaciones de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) indican que en un escenario base de oferta y demanda, el autoabastecimiento sólo sería sostenible hasta el año 2018, a cierre del año 2013 Colombia reportó unas reservas totales de 6.41 Tera-pies cúbicos de los cuales 5.51 corresponden a reservas probadas (UPME,2013).

Petróleo, Las reservas de petróleo probadas, probables y posibles en Colombia ascendían a 3.154 millones de barriles, de los cuales 2.444 millones de barriles eran reservas probadas, lo que quiere decir que nos alcanzan para 7 años.

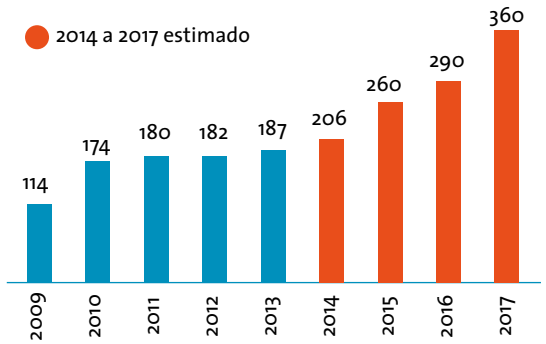
Carbón, las plantas térmicas a carbón representan únicamente el 6.52% de la capacidad instalada. En el Plan de Expansión y Transmisión 2014-2028, la UPME considera dentro de sus escenarios la entrada en operación de plantas a carbón en el centro del país. En dicho escenario se supone una adición de 1050 MW de carbón, lo que representaría una participación igual al 12.5% de la capacidad instalada. El carbón en Colombia es un recurso abundante, razón por la cual podría potencialmente ser un insumo que garantice confiabilidad al sistema a un bajo costo, para la implementación de esta alternativa es necesario mejorar la productividad de la minería a pequeña escala que se desarrolla al interior del país.

Recursos renovables, en el caso de biocombustibles y energías renovables, en Colombia se tiene la Ley 693 del 2001, que por motivos ambientales obligo a la oxigenación de la gasolina con alcohol, desde el 2005 por motivos de escases en Colombia se impuso como obligatoria la mezcla de gasolina con etanol (alcohol carburante) y desde 2009 la mezcla de diésel fósil con biodiesel. El porcentaje reglamentado de mezcla es de 8% para el etanol (E8) y el del biodiesel varía entre 2% y 10% (B2-B10) dependiendo de la región.

Recientemente, en el 2014 se creó la ley 1715 la cual tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, fuentes renovables, en el sistema energético nacional como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, el abastecimiento energético (Congreso de Colombia, 2014) lo cual permitirá el desarrollo de energías distribuidas.

El país ha establecido la generación con bagazo de la caña mediante cogeneración, una parte de la electricidad producida se utiliza en el proceso de molienda, la otra se exporta a la red central y el calor se utiliza en la concentración del azúcar para su refinación, la capacidad de cogeneración instalada para el 2013 fue de 187 MW (ver Figura 2) (Asocaña, 2014).

Figura 2. Balance de los proyectos de cogeneración-Capacidad instalada (MW)



Fuente: (Asocaña, 2014)

El potencial de cogeneración en la Agroindustria de la Palma de aceite es cerca de 300 MW (ANDI, Asociación Nacional de Empresarios de Colombia , 2014)

En la actualidad existe una planta eólica en la Guajira que tiene 19,5 Megavatios de potencia nominal, y se planea construir tres parques eólicos, los cuales proporcionarían 400 megavatios eólicos. Las perspectivas para la energía eólica en Colombia son grandes, sobre todo en el Caribe, y la Guajira, se cuenta con un potencial efectivo de conversión de energía eólica a energía eléctrica de 20.000 MW, en parques eólicos. La evaluación del recurso eólico se realiza en las zonas con buenos vientos que en el territorio nacional se encuentran las Islas de San Andrés y Providencia, los alrededores de Villa de Leyva, Cúcuta, Santander, Risaralda, el Valle del Cauca, el Huila y Boyacá.

Perspectivas

Esta se hace teniendo como base el trabajo de la UPME ya citado, para lo cual se han definido cinco objetivos específicos focalizados a la oferta energética, la demanda, la universalización, las interconexiones internacionales y la generación de valor alrededor del sector energético. De igual forma se formulan dos objetivos transversales, necesarios para contar con la información, conocimiento y recurso humano, así como para desarrollar y armonizar el marco institucional y de esta manera facilitar la implementación de la política energética nacional. El primer objetivo específico está orientado a la oferta energética, en particular a alcanzar un suministro confiable y diversificar la canasta de energéticos, el segundo busca promover la gestión eficiente de la demanda en todos los sectores e incorporar tecnologías de transporte limpio, el tercero está encaminado a mejorar la equidad energética del país, que es donde debe haber los mayores avances, el cuarto objetivo tiene como finalidad estimular las inversiones en interconexiones internacionales y en infraestructura para la comercialización de energéticos estratégicos y el quinto es viabilizar la generación de valor en el sector energético para el desarrollo de regiones y poblaciones.

Los dos objetivos transversales están enfocados a contar con los soportes o sustentos requeridos para el desarrollo del sector. El primero está encaminado a crear vínculos entre la información, el conocimiento, la innovación en el sector energético para la toma de decisiones y a disponer del capital humano necesario para su desarrollo y el segundo, contar con un Estado más eficiente, actualizar y modernizar los marcos regulatorios sectoriales, así como atender los retos ambientales y sociales, para facilitar la adopción y desarrollo de los cambios técnicos y transaccionales enunciados.

Para promover efectivamente la inversión en tecnologías de generación con fuentes renovables, la Ley 1715 contempla una serie de incentivos fiscales. Se establece una reducción del impuesto de renta por hasta el 50% de la inversión, que puede ser aplicada de manera distribuida en el transcurso de los 5 años siguientes a su realización. Adicionalmente se exime del pago de IVA a todos los equipos y servicios, acotados por la UPME, que se destinen al proyecto. Como tercera medida, se determina que todos aquellos equipos, maquinaria, materiales e insumos que sean importados para los proyectos de FNCE, y no sean producidos por la industria nacional, estarán exentos del pago de aranceles.

En el escenario optimista para el 2028 se estima una participación de máximo un 15% de las energías renovables. En este caso se incluyen proyectos de generación gracias a la implementación de la Ley 1715 de 2014, considerando que para el periodo comprendido entre

Figura 4. Planta de bioetanol en el Ingenio Providencia en Cerrito Valle del Cauca, Colombia

2015-2030 se podrían adicionar 1300 MW de capacidad eólica, 239 MW de energía solar, 375 MW geotérmicos y 500 MW de biomasa y cogeneración con biomasa. Adicionalmente, debe implementarse una red de medida de los recursos renovables con el fin de establecer la complementariedad entre cada una de las fuentes y, pensar en la posibilidad de definir incentivos por el Cargo por Confiabilidad, especialmente a las plantas de cogeneración.

Es importante incorporar nuevas fuentes de abastecimiento de energía para el sector transporte, que sean económicamente viables, pero al mismo tiempo que tengan un impacto ambiental moderado.

La producción de etanol en el país se hace a partir de caña de azúcar, gran parte de la producción se localiza en el Valle del Cauca. De acuerdo con Asocaña, en 2013 se produjeron 387 millones de litros destinados a la mezcla con gasolina, lo cual fue suficiente para cubrir la demanda nacional. En cuanto al biodiesel, la producción nacional utiliza el aceite de palma, su producción cuenta con 9 plantas de producción de biodiesel con una capacidad de 591 mil toneladas por año. A diferencia de los biocombustibles que se producen en la actualidad, la producción de la segunda y tercera generación utiliza mejores procesos tecnológicos y materias primas que no se destinan al consumo humano y es importante su implementación en el país utilizando otros cultivos energéticos y residuos agrícolas que constituyen materias primas para producción de combustibles de transporte alternativos abundantemente disponibles en determinadas regiones del país, lo que además de reducir los costos de producción, hace que la operación de estas industrias sea más sostenible.

Referencias

AméricaFotovoltaica . (2015). Energía solar en Colombia. Obtenido de La Guia Solar: http://www.laguiasolar.com/energia-solar-en-colombia/

Américafotovoltaica . (2015). La Guía Solar . Obtenido de Proyectos Exitosos de energía solar en Colombia : http://www.laguiasolar.com/top-5-proyectos-exitosos-de-energia-solar-en-colombia/

ANDI, Asociación Nacional de Empresarios de Colombia . (09 de 2014). Obtenido de Autocogeneración y Cogeneración : http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/Memorias%20Eventos/Eficiencia%20Energetica/5_POTENCIAL%20DE%20COGENERACION_ANDI.pdf

Arias J.J. (26 de 06 de 2009). Absolut Colombia. Obtenido de Las Cordilleras de Colombia: http://www.absolutcolombia.com/las-cordilleras-de-colombia/

Asocaña. (09 de 2014). El sector Azucarero Colombiano, más que azúcar, una fuente de energía renovable para el país . Obtenido de Cogeneración : Los proyectos de cogeneración que se identificaron hace unos años atrás ya se han venido

Colombia. (s.f.). Clima Colombiano. Obtenido de http://www.colombia.com/turismo/guiadelviajero/index-clima.asp

Congreso de Colombia. (2001). Ley 693. Obtenido de http://www.fedebiocombustibles.com/files/Ley%20693%20de%202001.pdf

Congreso de Colombia. (2014). Obtenido de Ley 1715: http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY_1715_2014.pdf

CVN. (s.f.). Centro Virtual de Noticias. Recuperado el 9 de 12 de 2015, de Colombia una potencia en Energías Alternativas: http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html

García Angélica. (s.f.). Toda Colombia, la cara amable de Colombia. Recuperado el 8 de 12 de 2015, de Pisos Térmicos en Colombia: http://www.todacolombia.com/geografia-colombia/pisos-termicos.html

Pinilla Alváro . (13 de 06 de 2009). Obtenido de Buenos vientos para energía eólica en Colombia: http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/buenos-vientos-para-energia-eolica-en-colombia.html

Subgerencia Cultural del Banco de la República. (2015). Posición astronómica y geográfica de Colombia. Recuperado el 9 de 12 de 2015, de http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/geografia/posicion_astronomica_geografica_colombia

UPME. (2015). Plan Energetico Nacional Colombia: Idearío Energético 2050. Obtenido de http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN_IdearioEnergetico2050.pdf

Box

La bioenergía procedente de la caña de azúcar en Brasil: situación actual y perspectivas

Carlos Brito-Cruz, Luís Cortez, Luiz Nogueira y Ricardo Baldassin | Brasil

La producción de energía en Brasil se ha enfrentado a un fuerte aumento durante los últimos 45 años, al ritmo del consumo doméstico y manteniendo la diversidad de fuentes de energía (Figura 1). En 1970, la leña representaba la base de la matriz energética brasileña (64.2% de la producción de energía primaria), y en el sector residencial se consumía 60% de la producción total de leña (EPE, 2015). En ese año, el consumo per cápita de energía se encontraba alrededor de 0.65 tep al año, y 44% de los 96 millones de brasileños vivía en zonas rurales (FAO, 2014). Hoy la situación energética es completamente diferente. La producción de energía primaria alcanzó las 272.6 Mtep en 2014, y la contribución de la leña se redujo 9.1%. Este aumento de producción de energía fue impulsado por un crecimiento económico y poblacional; el consumo de energía per cápita se duplicó hasta 1.29 tep al año (EPE, 2015), y sólo 15% de los 202 millones de brasileños se encuentran viviendo en áreas rurales hoy día (FAO, 2014).

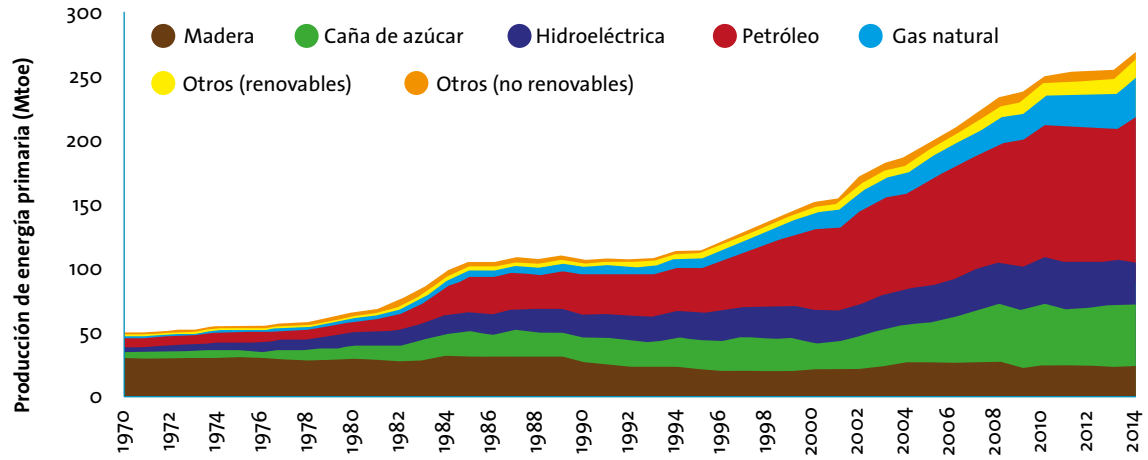
Históricamente, el suministro de electricidad en Brasil ha sido sostenido por la generación de energía hidroeléctrica, y el sector de transporte por el petróleo. Sin embargo, desde 1970 la caña de azúcar ha aliviado la dependencia brasileña del petróleo a través del bioetanol de caña de azúcar y la bioelectricidad. En los años 2000, en respuesta al crecimiento económico, a la introducción de vehículos de combustible flexible y a los cambios de mandato de mezcla,1 el sector de transporte presentó un significativo aumento en la demanda de biocombustible. Motivado por la fuerte demanda de combustible, y el bajo precio del azúcar en el mercado internacional, el suministro de bioetanol de caña de azúcar aumentó considerablemente en el mercado doméstico y, en 2009, el bioetanol (alcohol hidratado y anhidro) representó alrededor de 45% del consumo de energía de vehículos ligeros. Después de algunos años de retracción, básicamente debida a la intervención del Gobierno en el mercado de los combustibles, se presentaron correcciones en 2015 y resulta probable que la industria del etanol se recupere. Hoy día, se producen alrededor de 29 mil millones de litros de etanol (EPE, 2015), y nueve de cada diez coches vendidos son de combustible flexible (ANFAVEA, 2015). El Programa Nacional de Producción de Biodiésel es otra importante iniciativa del Gobierno federal brasileño en cuanto a biocombustibles. Después de diez años de haberse implementado, el mandato de mezcla aumentó de B2 a B7, y en la actualidad se producen alrededor de 4.1 mil millones de litros anuales, usando principalmente soya (76%) y sebo (26%) (EPE, 2015).

En 2014, la dependencia exterior en materia de energía era aproximadamente de 12.7% (39,6 Mtep, Figura 3a), principalmente de gas natural, carbón de hulla/vapor metalúrgico y productos derivados del petróleo (diésel, nafta y gas licuado de petróleo) (Figura 3b). Sin embargo, desde 1997 la dependencia brasileña del petróleo se ha reducido, de frente a los descubrimientos recientes y a la exploración de reservas de petróleo por Petrobras (Cuenca de Campos y pre-sal). En 1975, el déficit de petróleo fue de 80% y en 2014 el valor se redujo a 6.3% (EPE, 2015).

La generación de electricidad en Brasil se basa principalmente en energías renovables (73.2%), y a excepción de la generación de energía hidroeléctrica, el bagazo de caña de azúcar es la fuente de energía renovable más importante (Tabla 1). El factor de baja capacidad de

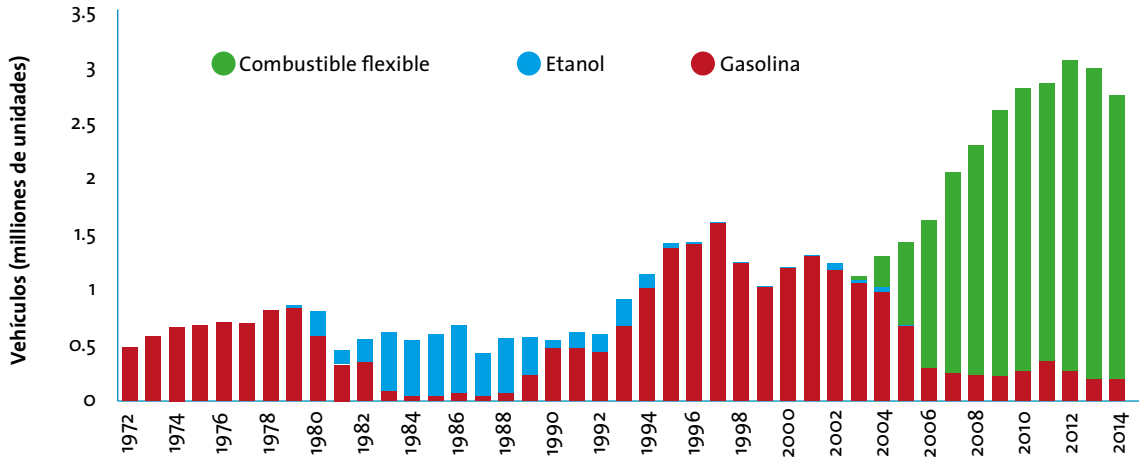
1. E20 (2000), E25 (2013), E27 (2015).

Figura 1. La producción brasileña de energía primaria (1970-2014)



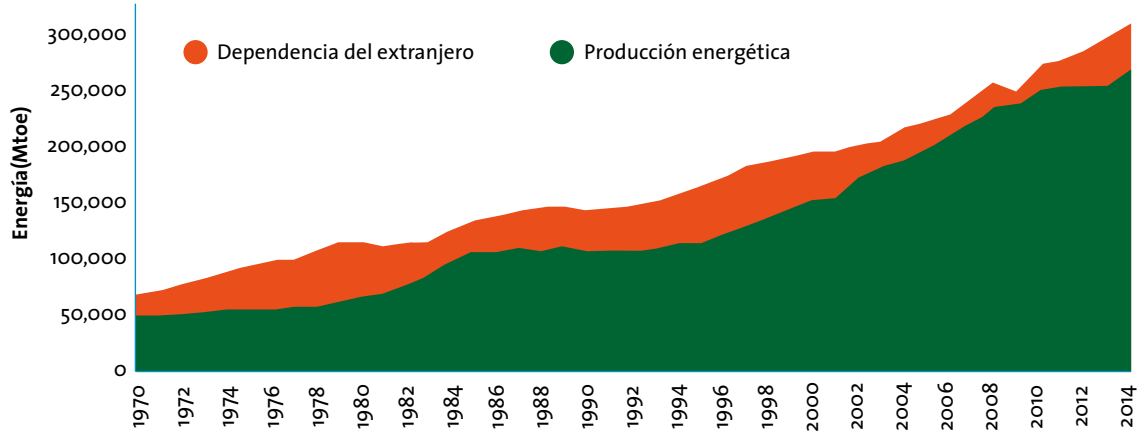
Fuente: EPE, 2015

Figura 2. Ventas brasileñas en el mercado de vehículos ligeros (1972-2014)



Fuente: ANFAVEA, 2015

Figura 3a. Producción de energía de Brasil y dependencia externa



Fuente: EPE (2015)

Cosecha de caña de azúcar en Brasil

las termoeléctricas a base de bagazo de caña de azúcar es un reflejo del restringido tiempo de operación de las plantas de caña de azúcar (la temporada de cosecha de caña de azúcar se produce sólo durante un máximo de siete meses al año).

Hoy día, tres nuevos sitios de generación de energía hidroeléctrica se encuentran en construcción en la región norte de Brasil: Belo Monte (14 GW), Jirau (3.75 GW) y Santo Antonio (3.57 GW) (EPE, 2015).2

En 2015 había 383 plantas de etanol instaladas (362 en operación y 21 con permiso de operación), y la capacidad total de producción de etanol era de más de 65 mil millones de litros al año3 (ANP, 2015). En la actualidad, cerca de 10 millones de hectáreas son cultivadas con caña de azúcar (UNICA, 2015), lo cual representa 1.2% de la superficie total de Brasil, y 15.4% del área definida para la expansión de la caña de azúcar 4 (65 millones de hectáreas) (EMBRAPA, 2009). Aproximadamente, la mitad de la cosecha de caña de azúcar está dedicada a la generación de energía (bioetanol y bioelectricidad), y la otra mitad a la producción de azúcar.

Aunque Brasil comenzó con la producción comercial de biocombustibles avanzados en 2014 (etanol celulósico a partir de basura y bagazo de caña de azúcar), la producción a gran escala apenas es económicamente viable debido al alto costo de la tecnología y al precio de las enzimas, entre otros aspectos. La capacidad de producción de las dos plantas en operación (Granbio y Raízen) es de alrededor de 124 millones de litros de etanol celulósico al año (Barros, 2015).

2. Capacidad total instalada.

3. Tiempo de operación: 8,760 h/al año.

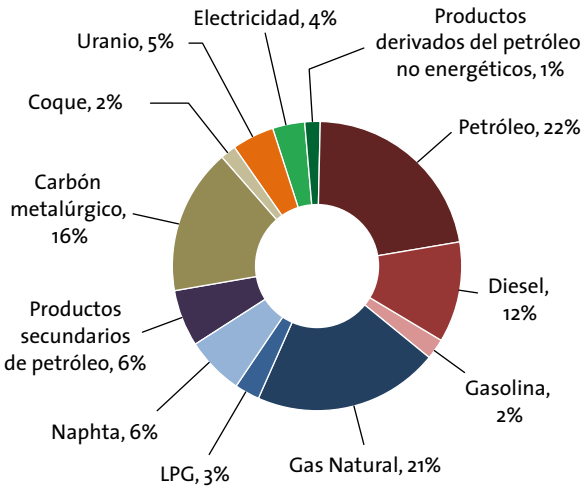
4. De acuerdo a un estudio federal agro-ecológico.

Tabla 1. Electricidad en Brasil: capacidad instalada, generación y factor de capacidad (2014)

	Capacidad instalada		Generación		Factor de capacidad*
	(GW)	(%)	(GWh)	(%)	
Hidro	89.2	65.4	373,439	63.2	0.48
Termo - bagazo de caña de azúcar	12.3	9.1	32,303	5.5	0.30
Termo - otras fuentes renovables (leña)	2.5	1.8	13,895	2.4	0.64
Termo - no renovables	27.4	20.1	158,631	26.9	0.66
Eólica	4.9	3.6	12,210	2.1	0.29
Total	136.3	100.0	590,478	100	0.49

*Tiempo de operación: 8,760 h/al año. Fuente: EPE, 2015.

Figura 3b. Importaciones de energía según su origen en 2014



Fuente: EPE (2015)

Considerando la situación actual de la economía brasileña (reciente devaluación de la moneda) y las dificultades financieras que ha encarado Petrobras (deuda alta y bajos precios del petróleo), se puede prever que el precio de la gasolina doméstica se mantendrá a niveles más altos de lo que se experimenta fuera de Brasil. Es probable que esta situación se mantenga durante los próximos años, y es posible que genere una entrada favorable para el mercado del etanol.

En Brasil, del mismo modo que se observa en algunos otros países tropicales como Colombia, Guatemala y Paraguay, la caña de azúcar es un colector de energía solar relevante y el principal vector de desarrollo sostenible, generador de energía e igualmente de ingresos y de bienestar.

Referencias

ANFAVEA. Brazilian Automotive Industry Yearbook 2015. Brazilian Automotive Industry Association - ANFAVEA: São Paulo, 2015.

ANP. Boletim do Etanol No 05/2015. Boletins ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis: Brasília, 29p, 2015. Available at: www.anp.gov.br/?dw=77898

Barros, S. Brazil - Biofuels Annual: Ethanol and Biodiesel. GAIN Report Number: BR15006. Global Agricultural Information Network (GAIN Report), USDA Foreign Agricultural Service. U.S Department of Agriculture: São Paulo, 31p, 2015.

EMBRAPA. Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar: Expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa: Rio de Janeiro, 58 p, 2009.

EPE. Brazilian Energy Balance: Year 2014. EPE – Empresa de Pesquisa Energética: Rio de Janeiro, 292 p, 2015.

FAO. Faostat. FAO Statistic Division. Food and Agriculture Organization – FAO, 2014. Available at:http://faostat3.fao.org/home/E

UNICA. Unicadata. Brazilian Sugarcane Industry Association – UNICA, 2015. Available at: http://www.unicadata.com.br/index.php?idioma=2

Capítulo 7

Desarrollo de capacidades en América Latina y el Caribe

Anthony Clayton | Jamaica
Walter Wehrmeyer | Jamaica
Andrea C. Bruce | Jamaica

Resumen

La mayoría de los países hoy día reconoce la importancia de la creación de capacidad: desarrollar las habilidades, las tecnologías y la infraestructura de apoyo necesarias para poder competir en el mundo actual. En la práctica, sin embargo, son relativamente pocos los países que cuentan con una estrategia clara y orientada a canalizar sus inversiones de tal manera que puedan sustentar el crecimiento y el desarrollo económicos en los años y décadas venideras. Este trabajo presenta los principios básicos para diseñar una estrategia de este tipo.

Introducción[1]

Transformación económica global

Desde 1985, la tasa de crecimiento del PIB de China ha aumentado más de 16 veces, su cuota de producción global ha pasado de menos de 3 a más de 20%, de ser la décima economía más grande del mundo, a segundo lugar, y podría llegar a ser la primera antes de 2030. Sin embargo, las tasas de crecimiento en Brasil, Rusia, India y China han sido superadas recientemente por los países del 'N-11' (Bangladesh, Egipto, Indonesia, Irán, México, Nigeria, Pakistán, Filipinas, Corea del Sur, Turquía y Vietnam) y el grupo de países "CIVETS" (Colombia, Indonesia, Vietnam, Egipto, Turquía y Sudáfrica). Aun más notable es el hecho de que entre los diez países que más crecieron la última década (2000-2010) seis son africanos.

Como resultado de estas tendencias, en 2030 más de 50% del PIB mundial se generará en países que fueron clasificados recientemente en vías de desarrollo o continúan siendo clasificados de esa manera. Este cambio ha sido probablemente el más rápido y completo que ha experimentado el poder económico mundial en toda su historia. Está claro, pues, que muchos países en desarrollo han logrado transformaciones en su productividad, tasas de crecimiento económico y perspectivas de desarrollo en las últimas tres décadas.

1. Este capítulo se basa en una serie de estudios previos realizados por el autor en diversas aplicaciones de planificación del desarrollo, prospectiva y previsión tecnológica. Uno de estos estudios se llevó a cabo en colaboración con otros dos autores, Walter Wehrmeyer y C. Andrea Bruce. Las referencias se mencionan en el texto.

No obstante, esto ha dejado a otro grupo de países en desarrollo en el rezago, entre ellos varios países de América Latina y el Caribe (ALC). Estos son los países que, por diversas razones, todavía no han podido lograr o sostener índices altos de crecimiento. Entre estas razones se incluyen altos niveles de delitos violentos, corrupción (incluyendo operaciones de intereses creados), una pobre gestión económica, mala planificación y regulación, políticas disfuncionales que desalientan la innovación y la inversión, altos niveles de desigualdad social, pobreza, infraestructura deficiente y un sistema educativo también deficiente.

Es de suma importancia resolver estos problemas en ALC. Las reformas restringidas y parciales generalmente no pueden resolver estos problemas tan arraigados y sistémicos, por lo que se requiere de acciones audaces y decisivas para que esas naciones puedan avanzar dejando atrás esta situación de bajo crecimiento.

Una parte importante de esta estrategia es fortalecer la capacidad científica y técnica, generar profesionales que aumenten la productividad y la competitividad de las empresas además de crear nuevas empresas, y cultivar una fuerza de trabajo capacitada y experimentada, certificada de acuerdo a normas internacionales, lo que ayudará a estimular la inversión y el empleo y a aumentar la productividad nacional.

Esto requiere de reformas significativas en las universidades de la región y los centros de investigación, muchos de los cuales no son competitivos a nivel internacional. Sólo se cuenta con una universidad en todo el continente (Sao Paulo), que se ubica actualmente dentro de las 200 mejores del mundo. También se requiere una inversión significativa, ya que las tasas actuales de gastos en investigación y educación en la región se encuentran por debajo de los estándares internacionales. Cualquier país que invierte menos de 0.5% de su PIB en investigación y desarrollo (ya sea a través de financiamientos públicos o privados), tiene pocas posibilidades de convertirse en un centro mundial de innovación.

Sin embargo, cualquier inversión en educación, capacitación y capacidad para la investigación debe contar con un objetivo estratégico claro para lograr el efecto transformador necesario. No tiene mucho sentido, por ejemplo, formar profesionales para trabajar en industrias destinadas a desaparecer. No obstante, es primordial aumentar la oferta de personal capacitado y experimentado en las áreas de oportunidades de negocio que pueden transformar la productividad y las perspectivas.

Por consiguiente, es crucial promover una visión estratégica clara que identifique las oportunidades de crecimiento en el futuro.

La necesidad de la prospectiva

El mundo está cambiando con gran rapidez por el acelerado ritmo de los avances científicos y tecnológicos, las tendencias demográficas, el surgimiento de nuevos centros de manufactura global, la creciente demanda de recursos, los rápidos cambios en el patrón de impactos ambientales y los cambios en la naturaleza de los riesgos, los tonos políticos y económicos, la competencia y el conflicto, y el equilibrio geopolítico del poder. ¿De qué manera puede prepararse una organización para estos cambios? ¿Qué debe hacer, dónde debe invertir, debe reestructurarse?

En momentos de rápida transformación, es poco probable que los procesos de planificación tradicionales, que adoptan la continuidad y utilizan proyecciones lineales sobre la base de la situación actual, generen planes viables a largo plazo y todavía menos probable es que puedan hacer posible que las empresas avancen a áreas emergentes de alto crecimiento. El problema es que el futuro estará sujeto a una compleja combinación de variables interactuantes, incluyendo datos demográficos, la competencia, la geopolítica y la innovación tecnológica, y este nivel de complejidad hace que sea imposible predecir los resultados con certeza.

Dado que no podemos ver el futuro, la única solución es intentar mejorar la forma en la que pensamos y nos preparamos para hacer frente a esta perspectiva. Muchos de los cambios no son técnicamente difíciles; en su mayoría requieren una mezcla de mejor manejo y mayor flexibilidad combinados con algunas medidas prácticas para mejorar el flujo de información, reducir la exposición al riesgo y aumentar la resiliencia. Sin embargo, prepararse para el futuro también implica dar un mayor impulso a nuevas fuentes de información, determinar en qué momento es necesario efectuar cambios, lograr consensos y organizar a las personas e instituciones en torno a la nueva estrategia.

Existe una serie de técnicas que pueden utilizarse para impulsar este proceso. Las herramientas de prospectiva estratégica orientadas hacia el futuro, como el **ejercicio de prospectiva**, pueden contribuir a que las empresas identifiquen las áreas de ventaja competitiva a futuro para luego identificar sus propias fortalezas y debilidades con el fin de definir la mejor estrategia de desarrollo. Esto también puede ayudar a identificar y manejar los posibles riesgos asociados.

En la actualidad hay una serie de herramientas de prospectiva estratégicas, incluyendo la **previsión tecnológica,** el **método Delphi,** y los ejercicios de **prospectiva** y **predicción inversa**. Todas ellas utilizan más o menos las mismas técnicas, que incluyen, entre otras, la **observación del horizonte** –que implica examinar el entorno externo en busca de amenazas y oportunidades potenciales, o de los primeros signos de avance tecnológico disruptivo–.

Una **previsión tecnológica** para una empresa normalmente requeriría la identificación de tendencias de mercado, así como las necesidades de nuevos productos, para poder elegir la tecnología óptima que se requiere para producir esos productos a un precio justo. Este tipo de análisis, por lo general, consiste en plantearse preguntas como:

- ¿Cuáles son nuestras tecnologías clave? ¿Podríamos usarlas de manera más eficaz?
- ¿Podría la innovación ocasionar que nuestra tecnología se volviera obsoleta? ¿Qué tan rápido nos podemos adaptar?
- ¿Cuáles son las tendencias en nuestro sector? ¿Es posible que surja un nuevo competidor o un nuevo mercado?
- ¿Cuál es nuestra ventaja competitiva?
- ¿Cuáles son las prioridades para el mantenimiento, la actualización o sustitución de nuestras tecnologías clave?
- ¿Qué recursos serán necesarios para actualizar nuestras tecnologías y nuestros conocimientos?

Los **ejercicios de prospectiva** en general se usan más para atender problemas de mayor proporción y de interés nacional, y que por tanto requieren tomar en cuenta una gama más amplia de variables sociales y políticas. Todos los ejercicios de prospectiva implican la planificación de posibles escenarios. Se identifican y proyectan los principales impulsores del cambio al futuro. Los resultados se ponen a prueba frente a varias posibles alternativas y desafíos hipotéticos y luego se determinan a partir de un pequeño grupo (normalmente de dos a seis) de resultados más verosímiles y consistentes. Esto se lleva a cabo en ocasiones a manera de preparación antes de un ejercicio de predicción inversa, que es aquel que consiste en ir hacia atrás a partir de un escenario futuro dado hasta el presente, simulando la secuencia de decisiones y eventos que condujeron a ese preciso resultado y no a otro. La predicción inversa se asemeja al análisis de pautas, que es una herramienta estándar de gestión de proyectos, pero va hacia atrás desde el futuro en comparación con una representación gráfica que va hacia adelante desde el presente.

Otra área importante de uso de la prospectiva y planificación de escenarios son las pruebas de resistencia y la planificación de contingencias. Esto implica el planteamiento de preguntas como:

- ¿Qué pasa si este plan no funciona?
- ¿Qué pasaría si más de un banco funciona mal al mismo tiempo?
- ¿Cuáles son nuestros puntos más desprotegidos ante un ataque terrorista?
- ¿Podríamos competir si hubiera un incremento súbito de importaciones más baratas?

El uso de la prospectiva en el desarrollo nacional

Los avances en la ciencia y la ingeniería tienen un efecto profundamente transformador en todos los aspectos de nuestra vida cotidiana. Todos dependemos de la agricultura, la energía y la ingeniería del agua, al mismo tiempo que la ciencia médica ahora nos permite controlar muchas enfermedades infecciosas que en una época anterior acabaron con poblaciones enteras. Con todo, nos esperan grandes retos. Una combinación de crecimiento demográfico, desarrollo acelerado y aumento del consumo podrían dar lugar a una escasez mundial de alimentos, agua y energía, así como a una extensa pérdida de biodiversidad, y acelerar el ritmo del cambio climático.

Esto es un motivo para tomar acciones, no para desesperarse, porque todo problema importante propicia la búsqueda de nuevas soluciones. El ritmo de la innovación, el desarrollo tecnológico y el cambio continúan acelerándose a gran escala, como consecuencia del impresionante progreso en la ciencia bá-

sica, las aplicaciones de ingeniería y el desarrollo de nuevos productos. Esto sucede particularmente rápido en las áreas "calientes" como la ciencia biológica, la informática y la nanotecnología, donde tanto la ciencia fundamental y las aplicaciones de ingeniería evolucionan al mismo tiempo, cambiando los conceptos básicos y la percepción sobre lo que es posible.

La ingeniería molecular ya nos ofrece materiales con combinaciones de ligereza, resistencia, flexibilidad y otras propiedades antes consideradas imposibles. Esto permitirá el desarrollo de vehículos seguros y ultra-ligeros de alta eficiencia, por ejemplo. En las ciencias biológicas, hay líneas de investigación alentadoras que prometen desarrollar nuevas generaciones de farmacéuticos transgénicos biocombustibles avanzados, y las plantas y animales modificados genéticamente que serán necesarios para sustentar a una población humana mucho mayor en los años por venir.

De modo que está claro que el futuro será muy diferente al de hoy –esperemos que para bien, posiblemente para mal, pero sin duda, diferente–. Esto plantea un gran desafío para muchas organizaciones e incluso para naciones enteras. ¿Cuál es su lugar en el nuevo mundo? ¿Vencerán o serán vencidos? Es en este punto en donde se puede utilizar un ejercicio de prospectiva para trazar estrategias que garanticen el éxito.

El punto de partida para diseñar un plan estratégico de prospectiva a largo plazo para el desarrollo nacional, por lo general, consiste en realizar una evaluación de factores internos y externos: la primera, para identificar las fortalezas y debilidades internas y, la segunda, para identificar los cambios en los mercados y otros factores críticos del entorno externo. Esto normalmente incluye una revisión de las tecnologías nuevas y emergentes en conjunto con un análisis de la actual reestructuración de los sectores de la economía mundial, con el fin de poder prever las oportunidades de mercado. Lo anterior sirve de base para preparar un plan que presente una nueva función dentro de su papel como proveedor o creador/regulador de mercados en un sector de alto crecimiento y alto valor. Esto hace posible que una organización o país pueda aprovechar la enorme ventaja de ser el primero en actuar para luego convertirla en una posición estratégica a largo plazo en el mercado.

Estas oportunidades de mercado podrían –bien manejadas– utilizarse para impulsar un proceso de restructuración económica, brindar el impulso económico necesario para apoyar una creciente plataforma de habilidades, atraer y retener el capital humano y financiero, y tomar acciones decisivas en los valores agregados para salir airosos de los mercados de bajo crecimiento y bajo margen. La diversificación hacia oportunidades complementarias en mercados afines podría utilizarse para incentivar un proceso de crecimiento y desarrollo a largo plazo y para la creación de los crecientes negocios o clústeres industriales de conocimiento, fomentando de esta manera una mejor transición hacia una economía basada en habilidades y competencias. Es posible utilizar la prospectiva durante todo el proceso para estimular, orientar y concretar la transición.

Beneficios potenciales

Los estudios de previsión futura y observación del horizonte pueden contribuir a identificar el patrón de oportunidades, limitaciones y demandas que darán forma a los mercados de futuros. De esta forma, es posible concentrar los recursos y garantizar que las habilidades y tecnologías necesarias converjan en el momento adecuado. En términos más generales, los ejercicios de prospectiva pueden generar una serie de beneficios.

- Los procesos de planificación estratégica pueden ayudar a las organizaciones a evaluar riesgos, amenazas y oportunidades, esclarecer problemas y determinar sus prioridades para luego integrar todo ello en un solo plan congruente.
- El proceso de pensar en el futuro hace que sea más fácil pensar de manera más objetiva sobre cuáles son los problemas reales al día de hoy.
- El análisis de las tendencias indica las áreas donde será necesario dar mayor impulso a nuevas habilidades o invertir en nuevas tecnologías para poder ser competitivos en el futuro.
- El proceso ayuda a las organizaciones a identificar futuras áreas de ventaja competitiva. Esto puede usarse para diseñar un plan de desarrollo de negocios, mantenerse alejado de las áreas que están empeorando y para reasignar recursos en áreas probables de crecimiento.

El papel de la educación y la formación en el desarrollo

También es fundamental reconsiderar el papel de las instituciones educativas y de formación en el desarrollo nacional; los modelos tradicionales basados en el impulso de la oferta de los sistemas educativos en los países en desarrollo han hecho caso omiso en gran medida del contexto económico del cambio global y la necesidad de fomentar la capacidad de innovación.

Los sistemas educativos y de formación desempeñan un papel fundamental ya que apoyan y facilitan la transición hacia una economía basada en competencias. Sin embargo, no pueden promover este proceso. La disparidad se hace evidente cuando se piensa en el fracaso de las estrategias tradicionales de educación y formación, que se han centrado en aumentar el suministro de gente calificada y educada en la fuerza de trabajo. No existe mucha evidencia que sustente que el proceso de desarrollo económico pueda impulsarse directamente mediante la oferta educativa y de capacitación. Por ejemplo, un exceso de oferta de profesionales durante una recesión económica puede, en cambio, llevar a una situación de desempleo y subempleo entre los graduados universitarios, que genere descontento y ocasione que emigren en busca de mejores oportunidades en el extranjero. La evidencia sugiere, más bien, que la educación tiene que ver con la presión de la demanda de desarrollo económico. A medida que las economías se fortalecen y diversifican, asumen la forma de la pirámide invertida de una economía madura (en la que los sectores de servicios terciarios controlan cada vez más a los sectores de procesamiento y manufactura secundarios haciendo que éstos a su vez ejerzan cada vez más control sobre los principales sectores minero y agrícola). Mientras esto ocurre, aumenta la demanda por una creciente

gama de diversas habilidades especializadas y sofisticadas, lo que a su vez aumenta la gama de oportunidades y demandas de cursos educativos. El auge de la industria de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la India, por ejemplo, fue posible gracias a la disponibilidad de un gran número de graduados en matemáticas subempleados, pero estos profesionales probablemente hubieran continuado subempleados de no ser por la diáspora india en California, que propició la interconexión con los mercados, ideas y oportunidades de negocio que demandaban más desarrollos, así como por el capital de inversión y la transferencia de tecnología que desencadenó y aceleró el posterior crecimiento acelerado. Esto plantea una serie de problemas fundamentales. Por ejemplo, ¿pueden los sistemas educativos y de formación de los países en desarrollo hacer una mayor contribución al desarrollo económico? ¿Deben los recursos disponibles destinarse a áreas en donde existe una demanda potencial? Dado el largo tiempo de espera que se requiere para preparar nuevos cursos que generen profesionales, ¿es posible identificar estas áreas de antemano? ¿Cuáles son las áreas que darán origen a futuras oportunidades de empleo y qué se requiere en términos de capacitación para lograrlo? ¿Cuáles son los elementos del financiamiento para fines de investigación, educación y capacitación que deben tener prioridad para que la formación por demanda tenga éxito? ¿Cuáles son las implicaciones de la asignación de recursos? ¿En dónde encajan las escuelas, institutos, universidades y organismos de formación de adultos en este proceso? ¿Cuáles son los puntos clave de partida para una intervención eficaz? ¿Es posible impulsar el desarrollo de actividades económicas basadas cada vez más en el conocimiento fomentando emprendimientos empresariales de la actividad económica basada en el conocimiento y el servicio, en especial en países y sectores con una base de habilidades relativamente pobre en esas áreas? ¿Cuáles son las implicaciones del rápido cambio tecnológico en cuanto a la generación de nuevas oportunidades de empleo y la erradicación de actividades comerciales redundantes?

La innovación y el mercado de trabajo

La dramática aceleración en la tasa de innovación plantea profundas implicaciones para el mercado de trabajo. Todas las nuevas ideas y la tecnología crean nuevas oportunidades, demandas y mercados y, al mismo tiempo, hacen que las antiguas tecnologías se vuelvan obsoletas y que las habilidades relacionadas con éstas se vuelvan redundantes. De esta forma, la situación actual se ve constantemente interrumpida como resultado de las innovaciones que reestructuran el entorno competitivo. El ritmo acelerado de la innovación está impulsando una aceleración similar en la tasa de cambio del mercado de trabajo y habilidades.

Esto sugiere dos cosas: la primera, que la fuerza de trabajo tendrá que ser mucho más móvil y flexible en un futuro; la segunda, que la habilidad más importante, a largo plazo, tenga que ser probablemente la capacidad de impulsar, anticipar o responder positivamente al cambio.

Por consiguiente, entre los desafíos se incluyen los que se mencionan a continuación:

- ¿Cómo puede la gente prepararse para puestos de trabajo que todavía no existen?
- ¿Cómo puede la gente aprender a usar tecnologías que al día de hoy no se conocen para resolver problemas igualmente desconocidos o no entendidos actualmente?
- ¿Cuáles serán las nuevas industrias y oportunidades de negocio?
- ¿Qué puestos de trabajo podrían desaparecer?
- ¿Cuáles serán los puestos de trabajo que se requerirán en un futuro?
- ¿Qué cursos de capacitación deberíamos estar impartiendo? ¿Qué habilidades se requerirán?

Las implicaciones de la información

Las TIC han hecho posible que muchos servicios se "entreguen" en línea hoy día, lo que ha dado lugar a la aparición de nuevos modelos de negocio y la automatización de industrias enteras, ocasionando un cambio en el equilibrio internacional de la ventaja competitiva y acelerando el ritmo de desarrollo y crecimiento en muchos países.

El hecho de que muchos servicios se presten en línea actualmente resuelve, por ejemplo, muchas de las limitaciones impuestas por la distancia existente de los principales mercados del mundo, lo que ha permitido que lugares como las Islas Caimán se conviertan en extraordinarios éxitos en lo que a banca *off-shore* respecta. La rápida aceptación de los teléfonos móviles en África y la India está transformando los mercados nacionales, ya que ofrece a los agricultores la oportunidad de enterarse de los pre-

cios en las ciudades y les ayuda a evitar ser timados por compradores y comerciantes. La acogida de los teléfonos móviles también ha permitido el impulso de nuevos servicios como lo son las transferencias de dinero accesibles y fiables en todo el mundo que ahora se están convirtiendo en la principal forma de realizar transacciones bancarias en países como Afganistán. La mejora en el ámbito de las comunicaciones ha contribuido a restablecer las redes sociales, ya que las familias ahora pueden mantenerse en contacto, incluso cuando sus integrantes se desplazan a otros lugares en busca de trabajo, y "unen" a las familias y a las comunidades diásporas.

A la larga, estos fenómenos también pueden impulsar una transformación social, ya que a los gobiernos represivos les es cada vez más difícil controlar todos los canales de comunicación. En Corea del Norte, el Gobierno controla todos los medios de comunicación, pero es posible introducir teléfonos móviles de contrabando desde Corea del Sur y China, lo que permite que la información fluya en ambos sentidos.

Es claro, no obstante, que las TIC por sí solas no pueden resolver los errores de gobernanza. En Jamaica, por ejemplo, la apertura del mercado de las telecomunicaciones condujo a un rápido aumento en el nivel de penetración de la telefonía móvil que llegó a saturar el mercado, pero esto no se reflejó en la tasa de crecimiento del PIB, que se mantuvo baja durante todo el período. Esto sugiere que las TIC pueden ser un factor *necesario* para el desarrollo, pero no son un factor *suficiente*, y que los grandes problemas sociales –como la delincuencia, la corrupción y la burocracia disfuncional– todavía pueden obstaculizar la tasa de desarrollo de nuevos negocios.

Uno de los grandes desafíos para cualquier gobierno que busca fomentar el surgimiento de un fuerte sector de TIC es que la tecnología se desarrolla excepcionalmente rápido, y el cambio en los marcos legislativos y reglamentarios por lo general ocurre con mucha lentitud y acaban siendo obsoletos frente a las transformaciones tecnológicas. Esto se debe al hecho de que, en las áreas de rápido movimiento, hay momentos en que la arquitectura o plataforma dominante cambia, en ocasiones, como resultado de una tecnología disruptiva que aumenta la eficiencia de forma radical, reduce el costo o permite la incorporación de un nuevo conjunto de características. Una fuerte tendencia de las TIC, por ejemplo, es la tendencia a la convergencia, que incorpora todas las funciones que antes se tenían en distintos dispositivos, como cámaras, álbumes de fotos, asistentes digitales personales, televisores, vídeos, centros de entretenimiento, calculadoras, grabadoras de notas, faxes, teléfonos móviles y computadoras personales en un solo dispositivo de mano. Cuando se dan cambios como éste, las empresas que antes competían en mercados distintos, de pronto se encuentran compitiendo en el mismo mercado, pero con diferentes plataformas, y los negocios establecidos pueden desaparecer con notable rapidez.

Los efectos de lo anterior seguramente serán más espectaculares en un futuro. Por ejemplo, Google ha añadido muchas nuevas funciones para convertirse en el punto medular de un servicio integral de manejo de información. La estrategia de Google puede llevarla directamente a ganarse una posición en el sector de los servicios bancarios y competir con las empresas existentes como Citibank, o entrar al mercado de las telecomunicaciones y competir con empresas como Vodafone, en tanto que las empresas de telecomunicaciones se han convertido en los 'bancos' más grandes en muchas partes de África –debido a que sus servicios en telefonía celular son más rápidos y confiables para realizar transferencias–. Esto da una idea del punto anterior que afirma que el avance tecnológico puede revolucionar un mercado al colocar a éste en el área de competencia de otro, por lo que las empresas que antes competían en mercados completamente diferentes, con estructuras corporativas y productos que reflejaban las demandas de sus diferentes mercados, de pronto encuentran que sus territorios han sido invadidos, que sus productos ya no son adecuados y que sus sistemas corporativos necesitan un cambio radical en su reingeniería.

Esto puede ocurrir como resultado de la convergencia tecnológica; una plataforma o solución desarrollada para una aplicación es útil para otros mercados. Esto también ocurre cuando alguien se da cuenta de que dos problemas conceptualmente diferentes en realidad comparten profundas semejanzas estructurales, de forma tal que una solución que fue desarrollada para resolver este problema puede adaptarse fácilmente para resolver el otro. Este proceso es acelerado por los impulsos económicos; muchas empresas ahora utilizan nuevas tecnologías para extraer flujos de ingresos adicionales de su infraestructura existente. En el Reino Unido, por ejem-

plo, los supermercados ofrecen servicios de turismo y bancarios y las compañías de electricidad se han convertido en proveedores de servicios de Internet, y muchas empresas utilizan ahora el *software* de minería de datos para extraer información comercialmente valiosa de sus propias bases de datos de clientes que antes era imposible obtener y que tiene que ver con los patrones de consumo relacionados, para poder desarrollar productos y servicios adicionales a partir de ello y competir en nuevas áreas.

Una de las tendencias tecnológicas dominantes que tendrá profundas implicaciones sobre la naturaleza del trabajo, su contenido y habilidades requeridas, es que la información no está sujeta a ningún medio –por ejemplo, un libro ahora se puede almacenar en una computadora, teléfono móvil, lector digital o memoria USB, en la web o en papel–. La información ahora goza de completa movilidad, y se puede transportar, almacenar, editar, analizar o procesar en cualquier lugar –o en múltiples sitios al mismo tiempo–. La movilidad y la accesibilidad de la información han dado lugar a un aumento espectacular en el nivel de acceso y uso. Alrededor de la mitad de la población del mundo ahora cuenta con acceso a Internet, un aumento de 826.9% entre 2000 y 2015[2], y la tasa de mensajería móvil se triplica cada año. Estos cambios acarrean una serie de consecuencias:

- Los costos de almacenamiento de datos se han reducido a una fracción del costo de producción de la información. Esto significa que el acceso generalizado es ahora económicamente viable, porque los costos de hacer accesible la información ahora son mínimos.
- La protección de la información –que antes se realizaba controlando la forma en que los datos se almacenaban y regulando el acceso– ya no es técnicamente posible. Muchos periódicos y compañías discográficas se enfrentan al problema de encontrar un nuevo modelo de negocios, ya que ahora el contenido de la información es gratuito. Por ejemplo, los medios de comunicación ya no controlan las noticias, sino que éstas se difunden con rapidez a través de las redes sociales. Esto significa que el valor tiene que añadirse en otras partes, lo que afecta a los sectores creativos que hasta ahora han dependido de la protección de los derechos de la Propiedad Intelectual como la música, los videos, las imágenes, las obras escritas, las publicaciones y la academia.
- Las ideas de autoría están evolucionando, ya que la edición colaborativa y la colaboración abierta distribuida (*crowd-sourcing*) dificulta rastrear la creación de conceptos para poder atribuirlos a una sola fuente.
- Se ha vuelto extremadamente difícil controlar la información. Ahora es posible acceder a la información personal confidencial de la mayoría de la gente, lo que ha dado lugar al bochorno público de algunas personas cuando sus desacertados correos electrónicos o fotografías se vuelven virales y dan la vuelta al mundo.
- Parece probable que, con el aumento de la miniaturización y la creciente capacidad de los dispositivos digitales, se fusionen los límites entre Internet, la telefonía móvil y otros medios que antes estaban separados. El Internet continuará creciendo y ramificándose en todas las áreas de nuestra vida, pero su acceso va a ser primordialmente a través de dispositivos móviles. Algunos de estos dispositivos se acabarán integrando en objetos cotidianos (como la ropa) y serán "invisibles".

Estos cambios tendrán implicaciones de largo alcance para la sociedad, las habilidades y competencias y los empleos. Por ejemplo:

- En la medida en que el almacenamiento y acceso a la información se vuelva prácticamente gratuito, el reto que representa investigar un tema ya no tendrá que ver con el acceso a la información, sino con entenderla. El buen uso de la información en la era digital depende cada vez más del conocimiento y experiencia, un filtrado inteligente, la contextualización de la información y la capacidad de determinar su importancia. Las competencias clave entonces serán ahora el pensamiento crítico, la capacidad de identificar las tendencias, una amplia experiencia en temas relevantes, habilidades de distribución para difundir los resultados, y habilidades técnicas para acceder, manejar y seleccionar la información.
- El diseño de los productos y servicios tomará en cuenta la forma en que se pueda frenar o

2. http://www.internetworldstats.com/stats.htm

monetizar la pérdida de los derechos de propiedad intelectual (DPI). Esto podría incluir tarifas de acceso, tarifas de pago por uso o ilimitadas que ofrecen un sistema de concesión de permisos para los aspectos del servicio en los que todavía se protegen los derechos de propiedad intelectual –por ejemplo, los que ofrecen datos básicos de forma gratuita y servicios interpretativos como valor agregado–, proporcionando información que ayude a comprender mejor las tendencias y los eventos, análisis, ofreciendo una cámara de compensación de la información abreviada, y así sucesivamente. Por ejemplo, el sitio web del *Wall Street Journal* ofrece de forma gratuita una gran parte de sus noticias, pero aplica una tarifa para acceder a artículos periodísticos, análisis y temas técnicos.

- Otra alternativa es cambiar la parte del negocio con valor agregado del material al que se puede acceder de forma digital a material que no ofrece esta opción. Por ejemplo, el representante de una importante banda musical del Reino Unido declaró recientemente que antes "teníamos conciertos para promocionar nuestros discos. Ahora, regalamos nuestros discos para promover nuestros conciertos". Esto hace que el valor agregado ya no recaiga en el producto, ya que ahora es digital –y por lo tanto puede distribuirse a muy bajo costo y sin perder su calidad– y brinda la posibilidad de ofrecer una experiencia en la que se puede disfrutar de la presentación en vivo.

Los gobiernos que no se dan cuenta de este efecto transformador del proceso de avance tecnológico, e insisten en aplicar regulaciones anticuadas, requisitos onerosos y sistemas burocráticos disfuncionales, con seguridad no se instituirán como centros de alta tecnología, sin importar cuántas exenciones fiscales u otros incentivos ofrezcan.

El paso de productos físicos a servicios y de la propiedad al acceso

Otra tendencia decisiva futura es que la necesidad de poseer un dispositivo físico para obtener un determinado servicio será reemplazada por la **servitización** de la economía. Por ejemplo, las aplicaciones como WhatsApp y Skype, que funcionan en diferentes dispositivos y que hacen innecesario pagar por las llamadas. Mucha gente ya no compra música –ni la guarda en sus discos duros– porque ahora puede usar servicios como Spotify y YouTube para acceder a cualquier tema musical que desee escuchar, en cualquier momento que así lo quiera.

Este modelo ya se ha extendido a la movilidad. La ciudad de Ulm, Alemania, desarrolló un innovador sistema de movilidad individual llamado Car2Go en 2008. Esto permite que las personas utilicen un coche cuando lo deseen sin incurrir en el gasto de comprarlo y mantenerlo. Los usuarios cuentan con movilidad a demanda, sin desembolsar costos por la propiedad, el mantenimiento, los seguros u otros requisitos que impliquen un desembolso. Pueden tomar un coche cuando lo necesiten, usarlo durante el tiempo que lo requieran y dejarlo en un lugar adecuado, sin ningún esfuerzo o costo adicional. Además, los coches cuentan con sistemas de diagnóstico, garantizando un alto nivel de mantenimiento. Esto funciona muy bien, ya que significa que los programas de mantenimiento, los inventarios de repuestos y demás también pueden optimizarse, además de que Mercedes-Benz ha adquirido conocimientos sin precedentes con respecto al comportamiento del consumidor y la forma en que la gente utiliza sus coches. El proyecto ofrece un flujo continuo de información que después puede utilizarse para mejorar los sistemas de movilidad urbana. Del mismo modo, Uber está arrasando con el modelo de negocio de taxis, en tanto los coches sin conductor de Google harán que desaparezcan el transporte público y la propiedad privada de automóviles.

Estos ejemplos ilustran varios aspectos de la transición de la noción de propiedad de productos físicos a la de acceso a los servicios.

- Es evidente que muchos consumidores ya no requieren poseer un producto para disfrutar del servicio que éste brinda. Esto ofrece una gama de oportunidades de transacciones adicionales en la prestación de servicios con modelos legales que van desde el arrendamiento con derecho a compra, alquiler, precio por uso y regímenes de usufructo.
- El nivel de uso es mucho mayor. En el ejemplo de la movilidad, el uso por hora de los coches es mucho mayor que el uso que se le da a los coches de propiedad privada, además de contar con servicios de mantenimiento más frecuentes. Esto se traduce en un aumento de puestos de trabajo, más oportunidades de formación, mayor acceso, mayor eficiencia de los recursos y reducción del impacto ambiental.

En esta economía servitizada, las estrategias de negocio exitosas probablemente serán aquellas que manejen mejor las interfaces entre los diferentes aspectos de los valores agregados que tienen que ver con la creación de servicios. Esto sugiere dos posibles vías en el futuro. La primera es un enfoque hacia nichos cada vez más especializados y específicos dentro de la gama de servicios. La segunda es la globalización de ese servicio al ofrecerlo a una serie cada vez más amplia de clientes potenciales, en diferentes contextos. Por tanto, es probable que las competencias básicas de organización sean específicas –altamente especializadas– y globales –comercializadas en muchos países–. Esto significa que otra habilidad clave necesaria será el manejo de la red y el funcionamiento coordinado con muchos socios diferentes de forma transparente y sin contratiempos –esto es, el cliente no percibirá este esfuerzo en ningún momento–. Es poco probable que algunas empresas verticalmente integradas –debido a la compleja naturaleza de los servicios que ofrecen– cuenten con la flexibilidad administrativa o la organización requerida para prosperar en este mundo servitizado.

Un buen ejemplo de esto es la industria de la telefonía móvil. El modelo de negocio tradicional, basado en el uso de los teléfonos fijos, incluía un operador principal que diseñaba y fabricaba los teléfonos, comercializaba sus características preferentes a clientes potenciales, los vendía a través de su propio punto de venta, operaba la red, brindaba soporte técnico, manejaba la facturación y los servicios al cliente, ofrecía servicios de mantenimiento y reparaciones del aparato, y se hacía cargo de los aparatos de desecho. Actualmente, en el mercado de la telefonía móvil, cada una de estas funciones es maneja-

da –probablemente con mejores resultados– por una empresa independiente que opera en los subsectores de productos "hechos a la medida".

Competencias futuras

Con respecto a la demanda de competencias entre hoy y 2030, los puntos clave son los siguientes:

- La naturaleza rápida y extensa del cambio tecnológico hace que sea difícil determinar exactamente cuáles habilidades se requerirán en el futuro.
- La relación empleado/organización ya está experimentando cambios profundos que la alejan de los modelos tradicionales más paternalistas hacia uno de individuos que se desempeñan de forma independiente.
- Aquella noción respecto de las competencias básicas que siempre estarían en demanda –y por tanto garantizaban un puesto de trabajo permanente– se ha desvanecido. Hoy día es esencial recibir capacitación y actualizarse constantemente.
- La idea de que las personas calificadas trabajan para una sola organización está dejando de ser importante; esto ahora se percibe como un intento malogrado de monopolizar la oferta de habilidades. En cambio, los trabajadores calificados tienden a ejercer su oficio en una enorme variedad de contextos organizacionales. Este ya es el caso de muchas habilidades. Por ejemplo, ahora hay albañiles que tienen su propio negocio, trabajan como subcontratistas de empresas constructoras, ofrecen cursos de capacitación basados en su experiencia adquirida en la práctica y se vinculan con otros intermediarios del campo de la construcción para ofrecer paquetes integrales de construcción. Es probable que la tendencia a desempeñar múltiples tareas y múltiples tipos de empleo se convierta en la norma para una gran variedad de puestos de trabajo y habilidades.

Algunas formas de empleo serán redundantes, muchas de ellas se transformarán y otras más se crearán. Los impactos diferenciales de los diferentes tipos y niveles de habilidad, aptitudes y competencias se pueden observar en una pirámide de habilidades (véase Figura 1).

Figura 1. Pirámide de habilidades

En el extremo inferior de la pirámide se muestran las habilidades manuales de los plomeros, electricistas, yeseros, peluqueros, jardineros, etcétera. Por encima de este nivel se muestran los trabajos en los que requiere de habilidades manuales en las industrias –obreros, incluidos instaladores de maquinaria, fabricantes de herramientas, operadores de máquinas, empleados de *call centers*, técnicos que brindan soporte inicial de TI, bomberos, etcétera. Arriba de esto se encuentran los trabajadores administrativos que se encargan de la supervisión, evaluación del personal, evaluaciones de desempeño y control de calidad, e incluye a los mandos medios, supervisores, administradores de recursos humanos, contadores, empleados de menor rango en los departamentos de recursos humanos –medio ambiente, sostenibilidad o información-, y a los operadores de los sistemas de gestión. Hasta arriba de la pirámide –aunque no necesariamente superior en el esquema jerárquico de la organización– se encuentran los empleados que aportan los servicios de valor agregado mediante el desarrollo y uso de las ideas en la organización. Los puestos de trabajo típicos en este nivel incluyen a directores creativos, diseñadores gráficos, especialistas de diseño, diseñadores web, consultores organizacionales, arquitectos, consultores de marketing de campaña, diseñadores de interiores, artistas gráficos, músicos y otros.

Este modelo se puede aplicar para evaluar las habilidades que serán útiles en los trabajos en 2030.

Figura 2. Habilidades futuras

Es probable que muchos puestos de trabajo ubicados en los tres niveles más bajos desaparezcan, pero surgirán muchos otros, y la naturaleza y estructura de casi todos ellos se verá afectada por la revolución social tecnológica.

Con respecto a las **Habilidades Manuales**, la evolución de las tendencias actuales probablemente conducirá a un cambio radical en la naturaleza de los puestos de trabajo. El componente manual de estos puestos de trabajo disminuirá y el componente de TI se incrementará sustancialmente. Las habilidades manuales por tanto, se volverán más inteligentes y complejas e incluirán un mayor grado de capacitación para la mejora de habilidades y el conocimiento de habilidades multi-funcionales. Es probable que esto aumente la demanda de trabajo calificado manual, en detrimento de:

- Trabajadores sin ningún nivel de especialización para quienes encontrar un empleo remunerado será extremadamente difícil.
- Obreros dedicados a tareas rutinarias que son susceptibles a padecer las consecuencias de una incesante campaña hacia la automatización y la personalización masiva.

Las Habilidades Manuales también se verán afectadas por la fusión de las especialidades de trabajo que antes se mantenían separadas. Por ejemplo, con la utilización de la pintura y el papel tapiz de emisión de luz OLED (diodo orgánico de emisión de luz), la fina línea de separación entre un decorador y un electricista comienza a desvanecerse dando lugar a que ambos invadan el campo del otro. Bajo estas bases, las empresas tendrán que desempeñar un papel preponderante en la organización de las habilidades más apropiadas, además de poder contar con organizaciones que impartan la formación necesaria.

Con respecto a la **Mano de Obra**, los trabajadores que fueron empleados en lugares de trabajo semimecanizados y que realizan trabajos rutinarios o repetitivos se enfrentarán a una batalla perdida contra máquinas cada vez más inteligentes, flexibles y rápidas. Con el costo de los factores a la baja y el creciente avance de la tecnología, es probable que el personal de los llamados "call center" – por ejemplo– será reemplazado por sistemas inteligentes de soporte para la toma de decisiones activados por voz. Quienes conserven sus puestos de trabajo se darán cuenta de que necesitan optimizar sus habilidades, pero lo más probable es que la mayoría del personal en este segmento deba aprender nuevas habilidades para poder colocarse en nuevos empleos, en vez de sólo agregar habilidades adicionales para los cambiantes puestos de trabajo.

El tercer grupo, el **Trabajo Gerencial** probablemente también sea erradicado por razones similares a las de mano de obra, ya que el mayor uso de las TI hará que la intervención humana para la toma de decisiones, desde las rutinarias hasta las que involucran cierto grado de complejidad, sea menos necesaria: la recopilación de información para la Formación Continua del Personal, cotejo de documentos en casos legales, contabilidad forense, diagnósticos médicos, gestión de proyectos y en general aquellas funciones que requieren de apoyo para la toma de decisiones son las áreas que pueden realizarse con mayor precisión, fiabilidad y rapidez, y en una fracción del costo con el uso de los sistemas de información inteligentes. Las búsquedas legales, por ejemplo, ahora se realizan utilizando algún programa informático en mucho menos tiempo por un máximo de 5% del costo de un asistente legal.

El grupo de administradores que se requiere para los puestos gerenciales también se reducirá como resultado de todos estos cambios; las TIC hacen posible que un grupo más pequeño de gerentes pueda dirigir y supervisar a un grupo más grande de subordinados.

El cuarto grupo, **Visión Estratégica/Creatividad,** incluye a personas con pensamiento creativo y habilidades empresariales que laboran en contextos innovadores y que utilizan esta característica de solución de problemas para empresas específicas y aplican el arte del pensamiento creativo en el sector privado, etcétera. Lo que se menciona a continuación probablemente rebase las fronteras organizacionales: para utilizar un ejemplo actual, el gerente ambiental de una fábrica de papel puede ser en realidad un empleado de una consultoría técnica que la fábrica contrató para llevar a cabo esta tarea. La consultora ofrece gestores ambientales de tiempo completo a una gran variedad de fábricas de papel, con la ventaja de que ambas partes pueden dedicarse a sus competencias básicas, en beneficio mutuo. Este modelo organizacional se convertirá probablemente en el punto medular de la mayoría de las estrategias de negocio rentables.

Este futuro llegará poco a poco, por lo parece lógico empezar a plantear estos temas sobre el futuro del trabajo en las políticas nacionales de desarrollo y los ciclos de planificación. Hay relativamente poco campo de acción para efectuar grandes cambios estratégicos en el corto plazo, dada la necesidad de capacitar a académicos e instructores, ya que para llevar esto a cabo se requiere un periodo largo. Por tanto, es mejor centrarse en el mediano y largo plazos para generar un conjunto eficaz de enfoques para los cuatro tipos de habilidades. El panorama a mediano plazo debe considerar la evaluación del suministro de la capacitación y las habilidades en vista de las inquietudes, demandas y cuellos de botella que se han observado. El horizonte a largo plazo debe considerar los cambios a gran escala que probablemente entren en vigor antes de 2030, pero no es posible conocer la naturaleza precisa de los acontecimientos, la falta de continuidad y los desafíos que darán forma al mundo del trabajo, el empleo, las habilidades y la formación.

Los escenarios a largo plazo

Cuanto más atisbamos el futuro, más incierto nos parece. Esto significa que tenemos más margen de acción para poder dirigir las trayectorias de desarrollo hacia los resultados preferidos que deseamos. También significa que probablemente nuestros pronósticos son errados. No obstante, la única opción real para la mayoría de los países es participar de un modo positivo en las tendencias mundiales, o dejarse llevar por las decisiones que otros han tomado, con todas las implicaciones negativas que esto implica para la economía nacional y la base local de habilidades. De hecho, se trata de elegir entre participar en el proceso de cambio o quedarse rezagado en la ineficacia.

Teniendo en cuenta los futuros cambios tecnológicos, la dinámica de los mercados de trabajo y el proceso de innovación que da forma a los empleos, empresas y empleados, así como las interacciones e interdependencias entre ellos, es de esperarse que los principales factores determinantes para que un individuo logre el éxito económico –y la capacidad de inserción laboral– en su lugar de trabajo se relacione con un conjunto específico de habilidades y características personales e interpersonales. Estas habilidades se pueden clasificar de diversas formas. El creciente papel de la tecnología y la innovación en la evolución de los empleos y las habilidades sugiere que es necesario realizar una clasificación más estratificada de tipos de habilidades, especialmente una que se ocupe de la diversidad de habilidades tecnológicas de manera más específica. Esto implica la siguiente clasificación de habilidades:

Habilidades en Redes Sociales: estas son las habilidades asociadas con la interacción de los individuos, ya sea en línea o en contacto directo. Son un requisito esencial en el caso de los gestores de comunidades digitales o geográficamente cercanas, la enseñanza a distancia, los formadores de equipos, los expertos en línea y los identificadores de tendencias. Los empleos típicos de estos individuos serán como administradores de sitio web, gerentes de atención al cliente, observadores de tendencias, *bloggers* y profesionales de los medios sociales.

Habilidades creativas: estas son las habilidades que crean o hacen posible las nuevas ideas, las nuevas posturas y los nuevos conceptos (físicos o virtuales). Los empleos típicos de estos individuos serán diseñadores de sitios web, decoradores, arquitectos, especialistas en solución de conflictos, expertos en trabajos manuales y músicos.

Habilidades técnicas: es probable que el nivel básico de complejidad de los sistemas técnicos aumente, y no que disminuya, como consecuencia del continuo proceso de cambio tecnológico y social abordado y discutido con anterioridad, aunque la mayoría de las interfaces de usuario seguramente serán mucho

más intuitivas. Por tanto, los conocimientos técnicos necesarios para interactuar eficazmente con tecnología compleja (*hardware* y *software*) seguirán formando una parte integral del empleo –y de la vida personal–. Cada vez será más fácil usar la tecnología, pero su reparación será más compleja, y cada reparación dependerá de piezas de repuesto específicas, lo que reduce las posibilidades de reparaciones locales y "parches" improvisados.

No se sabe qué tan necesario será entender *cómo* funciona la tecnología, pero probablemente dependa del costo de las piezas de repuesto, la rapidez con la que aparezcan nuevos y mejores productos, la facilidad de reemplazo y cuánto dependen otros elementos del sistema en la parte que está fallando, entre otros. Estos parámetros también influyen en la demanda de servicios técnicos. Entre las actividades típicas especializadas se incluirán el diagnóstico de fallos, la gestión de la tecnología productiva, la capacidad de interpretar resultados, etcétera, con grupos de expertos científicos, ingenieros, gerentes de sistemas y técnicos especializados.

Habilidades logísticas: El manejo de la interfaz entre los trabajos, así como la delimitación y definición de las responsabilidades técnica y legal, será fundamental para la exitosa gestión de servicios. Las actividades principales incluyen el manejo de las cadenas de suministro y la organización, coordinación e integración de los diferentes proyectos en lo que respecta al flujo de materiales y recursos humanos, la logística, etcétera. Otros cambios similares afectarán a muchas de las habilidades manuales que incorporan un elemento de auto-dirección, entre otros.

Habilidades de pensamiento: Actuar de intermediario en el acceso a la información puede dejar de ser una habilidad competitiva, pero interpretar la gran cantidad de información de todo tipo y resumirla para presentarla desde una perspectiva que tiene sentido y es relevante para la toma de decisiones, probablemente continuará siendo una habilidad muy valiosa por mucho tiempo, en especial la capacidad de considerar un contexto o problema para el que se requiere tomar una decisión desde un punto de vista crítico. De hecho, aplicar habilidades de pensamiento crítico y solución de problemas quizá sea la única y más importante diferencia entre un experto reconocido y un empleado. Los empleos típicos se encontrarán en el rango de *Visiones Creativas,* pero también incorpora a los analistas de negocios, evaluadores de políticas, investigadores, innovadores y solucionadores de problemas. Las personas con conocimientos en esta área y en *habilidades creativas* son en muchos casos consultores y pensadores altamente demandados –y muy bien pagados–.

Habilidades empresariales: Como la definición original ('emprendedor') sugiere, estas habilidades se referían originalmente a la puesta en marcha y desarrollo de pequeñas empresas por personas que podían anticipar las oportunidades creadas por un desajuste entre la oferta y la demanda. Se ha escrito mucho sobre los rasgos de personalidad que distinguen a los emprendedores, pero también es importante entender el papel decisivo que la creación de negocios desempeña en el éxito económico de una nación. Las competencias básicas de los empresarios incluyen las siguientes:

- automotivación
- sentido de los negocios, capacidad de convertir una idea en una empresa rentable
- habilidades de comercialización y ventas
- apreciación del riesgo y habilidades de gestión
- agudeza y comprensión financiera
- habilidades de manejo del tiempo

Dada la importancia del espíritu empresarial para la creación de empleos y la difusión de la tecnología a través de la innovación empresarial, es probable que sea una de las habilidades básicas que los empleadores buscarán en los candidatos a puestos de trabajo.

También debe señalarse que la auto-motivación es probablemente una habilidad muy importante asociada al comportamiento empresarial. Lo anterior se deduce a partir de observaciones de comportamiento que dejan ver que los empleados que hacen lo que se les dice, para luego detenerse a esperar nuevas instrucciones, probablemente encontrarán que sus trayectorias profesionales no avanzarán tanto como las de quienes son independientes y muestran cierta iniciativa y empuje. La auto-motivación es una herramienta vital en entornos de trabajo complejos y eminentemente tecnológicos.

Competencias genéricas: Estas son las habilidades básicas generales necesarias para sobrevivir en un mundo eminentemente tecnológico y rico en información. Incluyen el dominio de las TIC, el desempeño de múltiples tareas, habilidades de automotivación y habilidades lingüísticas apropiadas, de ser necesario.

Siempre estarán en demanda los gerentes de proyecto y los integradores. Se ha identificado la Gestión de Proyectos como el principal factor de éxito en organizaciones que van desde empresas globales hasta gobiernos y organizaciones no gubernamentales, y actualmente existe un desfase creciente entre la oferta y la demanda de gerentes de proyecto calificados. Esta es una habilidad sumamente transferible que puede aplicarse a los proyectos de construcción, tecnologías de la información, automóviles, gestión de negocios, finanzas, consultoría, etcétera. La importancia de la logística y la cadena de suministro también aumentarán, ya que éstas garantizan que las organizaciones puedan adecuar su oferta a la demanda.

También se ha evidenciado un crecimiento de las industrias verdes a un ritmo de alrededor de 5% anual los últimos tres años, sobre todo en áreas como la construcción y los servicios relacionados con los llamados "edificios verdes" que cumplen con las normas de la industria. En 2018, la construcción verde generará en forma directa 1.1 millones de empleos en los EUA.[3] Hace diez años, no era posible cuantificar esto.

La ecologización de la industria está dando lugar a la creación de muchas nuevas profesiones, algunas basadas en profesiones existentes, como el derecho y el periodismo. Otras son carreras de ingeniería en tecnologías renovables como la energía eólica y la producción de biocombustibles. En la economía agrícola, la lista incluye ahora a los paisajistas "verdes", centros de jardinería, floristas, paisajistas, arboricultores, operadores de invernaderos y agricultores.

La transición energética alemana que abandonó el uso de los combustibles nucleares y fósiles para crear una mayor dependencia en las energías renovables dio paso a un auge de empleos. Se deben construir parques eólicos, instalar paneles solares, instalar medidores de luz calibrados, y todos estos aparatos físicos deben comercializarse, controlarse y distribuirse. Es probable, por tanto, que se crearán otros puestos de trabajo en las siguientes áreas:

- Ahorro energético
- Contratos de servicios energéticos
- Contratos de minimización de residuos
- Gestión de residuos
- Intercambios de residuos

3. http://go.usgbc.org/2015-Green-Building-Economic-Impact-Study.html

Puestos de trabajo que pueden desaparecer

Hay una serie de puestos de trabajo que enfrentan evidente riesgo frente a la automatización. Se incluyen los siguientes:

- Secretarias y contadores de bajo nivel, ya que el procesamiento de textos básicos y la contabilidad están siendo sustituidos por *software*.
- Las recepcionistas serán sustituidas por sistemas de registro virtuales que maximizan la productividad del personal.
- Personal de servicio de bajo nivel, tales como cajeros, cajeros de bancos, personal de registro de aerolíneas y asistentes de oficina de correos, ya que la mayoría de estas tareas pueden sustituirse por puntos de autoservicio.
- Los servicios de mensajería y paquetería probablemente serán sustituidos por mejores sistemas de seguridad de documentos electrónicos y firmas electrónicas seguras.
- Los burócratas de bajo nivel serán sustituidos por mejores sistemas en línea y bases de datos integradas. Esto ya está sucediendo en países como Dinamarca y Estonia.
- Los asistentes legales que se encargan de la búsqueda de documentos podrán sustituirse por un *software* de análisis semántico que podrá determinar la importancia y los precedentes, y un *software* de análisis inferencial que puede identificar cualquier contenido o patrón de comportamiento sospechoso.

Hay una serie de puestos de trabajo que están siendo reemplazados por los avances tecnológicos. Por ejemplo:

- Los pilotos de combate están siendo sustituidos por Vehículos Aéreos de Combate No Tripulados (UCAVs), ya que la eficacia en combate de los últimos modelos, probablemente sea mucho mayor que la de los aviones pilotados.
- Los diseñadores de chips para computadoras están siendo reemplazados por *software*.
- Las operaciones de manufactura (incluidas las operaciones de construcción) serán sustituidas por la impresión 3-D.

Todos los puestos de trabajo que dependen de las asimetrías de la información están expuestos, ya que estas están desapareciendo en los mercados en línea cada vez más transparentes. Estos incluyen los siguientes:

- Los agentes inmobiliarios, que podrán ser sustituidos por los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que incluyen escrituras y permisos de construcción, así como transferencias seguras. Intermediarios, que serán sustituidos por las transacciones automatizadas.
- Los agentes de viajes, que serán sustituidos por un *software* que conoce las preferencias personales, busca las mejores rutas, fechas y precios.

Habilidades futuras

En el largo plazo, es muy difícil predecir cuáles serán exactamente los empleos con mayor demanda, pero sí podemos identificar el tipo de habilidades que muy probablemente serán necesarias. Estas incluyen las siguientes:

- **Habilidades en redes sociales:** Este concepto incluye a personas que son buenos en el manejo y dirección de grupos, o sea, gente que se encarga de atender clientes, simpatizantes, comunidades digitales, actúan de moderadores de debates en línea, expertos (gente que recopila información, detecta tendencias, son fuentes confiables, influyen en las redes), formadores de equipos, gerentes y líderes.
- **Habilidades creativas:** Esta sección incluye diseñadores, visionarios y conceptualizadores.
- **Habilidades técnicas:** Aquí se refiere a científicos, ingenieros y técnicos.
- **Exploradores de datos:** La minería o exploración de datos –la búsqueda de patrones en la información– ya se utiliza ampliamente en las empresas, en el manejo de comercios minoristas, ventas, comercialización, gestión del riesgo y banca, detección de fraudes, servicios policíacos, vigilancia y en la lucha contra el terrorismo. Lo anterior incluye, por ejemplo, a minoristas que se dan cuenta de que los clientes que compran el producto A también compran el producto B, lo que les ayuda a enfocar su estrategia de comercialización. Las implicaciones son, no obstante, mucho más profundas. Por ejemplo, Google ha declarado que los patrones de gastos de las tarjetas de crédito les permiten predecir con 98% de precisión si las parejas se van a divorciar en los siguientes dos años. Por tanto, las habilidades de minería de datos contarán con un amplio campo de aplicación.
- **Habilidades logísticas:** Aquí se incluye a los organizadores, agregadores o distribuidores y coordinadores de proyectos, gerentes de proyectos de código abierto, estrategas y gerentes de logística y cadenas de suministro.
- **Habilidades de pensamiento:** Este concepto incluye a pensadores críticos, solucionadores de problemas, analistas políticos y estrategas de negocios.
- **Habilidades empresariales:** Aquí se encontrarán las personas que pueden establecer contactos entre las diferentes redes, por ejemplo, científicos, financieros, y las empresas que controlan las redes de manufactura, suministro y distribución.
- **Competencias genéricas:** Aquí se ubicarán las personas que dominan el manejo de las TIC y que pueden realizar múltiples tareas, utilizar la red, y que tienen un alto EQ (inteligencia emocional).

Las implicaciones de las estrategias de fomento de las capacidades nacionales

Ningún país puede mantenerse alejado del cambio y el efecto de la innovación acelerada. Entonces, la verdadera elección es aceptar y manejar el cambio –o quedarse en el rezago–. Los factores críticos de éxito probables son los siguientes:

- Entender los posibles futuros de cada país.
- Desarrollar una estrategia de transición.
- Desarrollar las habilidades clave que se necesitarán en los años por venir.
- Dar a conocer estas habilidades clave a la fuerza de trabajo.

Conclusión

En este trabajo se han esbozado los fundamentos para el diseño de una estrategia dirigida a desarrollar las capacidades necesarias para seguir siendo competitivos en un mundo que se reconfigura con rapidez debido a los profundos cambios sociales, económicos y tecnológicos.

Anthony Clayton

Anthony Clayton es el Profesor Alcan de Desarrollo Sostenible Caribeño en la Universidad de Indias Occidentales, profesor visitante en el Centro de Estrategia Ambiental en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Surrey, Profesor Visitante en el Instituto de Estudios de Ciencia, Tecnología e Innovación en la Escuela de Estudios Sociales y Políticos de la Universidad de Edimburgo, profesor adjunto distinguido de desarrollo sostenible en la Facultad de Negocios y Administración en la Universidad de la Tecnología y miembro de la Academia Caribeña de Ciencia y de la Academia Mundial de Ciencia. Sus intereses de investigación incluyen el análisis estratégico y la planificación de escenarios con un interés particular en la seguridad nacional, la seguridad energética y la seguridad alimentaria. Ha realizado estudios de política para muchos gobiernos y agencias intergubernamentales.

Walter Wehrmeyer

Centro de Estrategia Medioambiental de la Universidad de Surrey, Reino Unido.

Dr. Wehrmeyer es profesor de Administración de Empresas del Medio Ambiente y Director Adjunto del Centro para la Estrategia Ambiental de la Universidad de Surrey; Profesor Adjunto de la Graduate School of Business, Universidad de Curtin; Miembro del Instituto de Gestión y Evaluación Ambiental; y miembro de la Real Sociedad para el Fomento de las Artes, Fabricantes y Comercio. Sus intereses de investigación incluyen la auto-organización como un método viable para entender el comportamiento ambiental de las empresas, el comportamiento organizacional hacia los indicadores de sustentabilidad y sostenibilidad, los enfoques organizativos de la innovación y el desarrollo susstentable, los enfoques participativos en la toma de decisiones, y la responsabilidad social de las empresas, en particular, el papel de la cultura y la ética en la definición y la formación de estrategias de negocio.

C Andrea Bruce

C. Andrea Bruce es profesor adjunto en el Instituto Marítimo del Caribe, donde da clases de Desarrollo Sostenible, Gestión Ambiental e Investigación Académica. Actualmente está cursando un doctorado con un enfoque en el desarrollo del capital humano en la Universidad Temple. Se graduó de la University of the West Indies (Universidad de las Antillas) con Maestría en Ciencias en Políticas de Desarrollo Económico y Licenciatura en Ciencias Económicas y Administración. Sus intereses de investigación se centran en el desarrollo del capital humano con un enfoque especial en el futuro del trabajo, el empleo y el desarrollo económico. Cuenta con amplia experiencia en la investigación aplicada y en informes de sostenibilidad corporativa y ha colaborado con el Banco de Desarrollo de América Latina CAF, la CARICOM y el Gobierno de Jamaica. Sus proyectos más recientes incluyen la elaboración de las normativas de redacción para el Informe Gubernamental (White Paper) del Gobierno de Jamaica sobre Planificación y Regulación Ambiental; el desarrollo de un marco de aprendizaje para el Servicio Público de Jamaica y brindar apoyo para la puesta en marcha de la Planificación Estratégica en el Departamento de Aduanas de Jamaica.

Este libro se terminó de imprimir en abril de 2016 con un tiraje de 1000 ejemplares en los talleres de Surtidora Gráfica, SA de CV

GUÍA HACIA UN FUTURO

ENERGÉTICO SUSTENTABLE

PARA LAS AMÉRICAS

El continente americano tiene la suerte de contar con recursos energéticos abundantes, pero nuestro futuro energético depende de políticas públicas sensatas y una inversión eficaz. Un punto clave es que si bien los recursos adecuados son necesarios, no son suficientes para satisfacer las necesidades energéticas actuales y futuras, especialmente si se observa desde el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas 7, 11 y 13.

Como respuesta a los ODS, el libro toma en cuenta los retos que enfrentan las poblaciones desatendidas y evalúa la especial relación entre el género y la economía energética en el mundo en desarrollo. El libro también evalúa el estado actual y futuro de las energías renovables, en especial la energía solar, eólica y los biocombustibles en las Américas en el cumplimiento del objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

La Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS) se dedica a aportar soluciones con bases científicas para los grandes desafíos del siglo XXI. Esta contribución de IANAS busca ayudar a los legisladores de los diversos países.

ISBN: 978-607-8379-25-5

IANAS
INTERAMERICAN NETWORK OF ACADEMIES OF SCIENCES

iap
the global network of science academies