

Un panorama de las energías renovables en el Mundo, Latinoamérica y Colombia

An overview of the renewable energy in the World, Latin America and Colombia

Carlos ROBLES Algarin [1](#); Omar RODRÍGUEZ Álvarez [2](#)

Recibido: 16/03/2018 • Aprobado: 30/04/2018

Contenido

- [1. Introducción](#)
 - [2. Contexto internacional de las energías renovables](#)
 - [3. Contexto latinoamericano de las energías renovables](#)
 - [4. Contexto colombiano de las energías renovables](#)
 - [5. Conclusiones](#)
- [Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

En este artículo se presenta la evolución y un panorama actual de las energías renovables a nivel global, latinoamericano y colombiano. Se muestra un análisis de la capacidad instalada, aportes al mercado energético y proyecciones de participación en la producción de electricidad de las energías renovables desde un punto de vista global. Además, se presentan estadísticas del estado actual y proyecciones para los siguientes tipos de energías renovables: solar fotovoltaica, eólica, biomasa, hidroeléctrica, solar térmica y geotérmica.

Palabras-Clave: Energías renovables, recursos renovables, generación de electricidad

ABSTRACT:

This paper presents the evolution and a current panorama of renewable energies in a global, Latin American and Colombian context. It shows an analysis of the installed capacity, contributions to the energy market and projections of participation in the production of electricity of the renewable energies from a global point of view. In addition, statistics on the current status and projections are presented for the following types of renewable energies: solar photovoltaic, wind, biomass, hydroelectric, solar thermal and geothermal.

Keywords: Renewable energy, renewable resources, electricity generation

1. Introducción

En la actual era del conocimiento y de la aplicación de las tecnologías de la información, es difícil imaginar cuantas de las actividades del día a día se pueden realizar sin el uso de la energía. Lamentablemente a nivel mundial no existe una cultura generalizada de la importancia que tiene el uso eficiente de la energía. En la medida que una sociedad es más desarrollada consume más energía, en la mayoría de los casos de forma ineficiente, por lo tanto, una actitud responsable es tener la mayor eficiencia energética en la vida diaria (Algarín, Llanos & Castro, 2017; Algarin, Giraldo y Castro, 2018).

Según la International Energy Agency (2014), para el año 2040 se espera que la demanda de energía se incremente en un 60%; asimismo se pronostica que debido a las emisiones de gases de invernadero se alcance al final del siglo un aumento en el calentamiento global entre 1.4 y 5.8 grados centígrados, por lo cual todas las economías y los ecosistemas del mundo sufrirán graves consecuencias de no tomarse las medidas necesarias para mitigar esta problemática (World Bank, 2013).

A este respecto, la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA) en el último reporte global presentado en el 2017, muestra que el 19.3% de la energía primaria del mundo fue producida a partir de energías renovables (ER). De este porcentaje, el 9.1% corresponde a la biomasa tradicional, mientras que el 10.2% concierne a las denominadas energías renovables modernas. Se destacan las hidroeléctricas con el 3.6% y el porcentaje restante está distribuido entre las energías geotérmica, eólica, biogás y energía solar (REN21, 2017). El potencial de las ER está creciendo aceleradamente debido a la constante disminución de los precios, las variadas aplicaciones en sectores como la agricultura, educación y salud. En el caso particular de las zonas rurales, se destacan las aplicaciones domésticas para iluminación, radio, televisión, la incursión en sistemas de agua potable, centros de salud y educación.

No obstante, en la mayoría de las zonas rurales de los países en vía de desarrollo, las necesidades de energía se satisfacen principalmente con combustibles tradicionales de biomasa. Este panorama limita seriamente la posibilidad de muchos pobladores de las zonas rurales de mejorar la productividad agrícola y su calidad de vida.

El consumo de biomasa está en continuo aumento para el suministro de calor y electricidad. Según datos proporcionados por REN21 (2017), aproximadamente el 64.5% de la biomasa utilizada a nivel mundial para la generación de energía corresponde a la denominada biomasa tradicional: leña, residuos de cosechas y estiércol de animales, que por lo general se queman en chimeneas o estufas ineficientes para cocinar, producir calor en las viviendas, así como para obtener iluminación. La biomasa restante se utiliza para la bioenergía moderna. Según Arriagada (2010), en Latinoamérica se estima que aproximadamente 100 millones de personas utilizan la biomasa tradicional para satisfacer sus necesidades básicas de energía.

En el caso colombiano, según el plan de desarrollo 2011-2020 para las fuentes no convencionales de energía realizado por la UPME, en gran parte de las zonas rurales se cuenta con el potencial para construir soluciones para el suministro de energía en los campos de la biomasa, fotovoltaica, eólica y microcentrales; especialmente si se dan por hecho los altos costos de instalación, operación y mantenimiento de la red convencional para las zonas apartadas (Consorcio Energético CORPOEMA, 2010).

Teniendo en cuenta el panorama anterior, en este artículo se presenta el estado actual y algunas proyecciones de las energías renovables en el panorama global, latinoamericano y en el caso particular colombiano.

2. Contexto internacional de las energías renovables

En el mundo, el consumo de energías renovables se ha incrementado en un promedio de 2.3% desde el año 2015, lo cual ha contribuido a que las emisiones globales de carbono asociadas al consumo de energía se mantuvieron estables para el año 2014, al tiempo que la economía mundial creció. Según la Energy International Agency (2017), tales efectos han sido atribuidos al aumento en la penetración de las ER y las mejoras en la eficiencia energética.

En la actualidad mundial existe una conciencia de la importancia de las ER y la eficiencia energética como mecanismos fundamentales para abordar el cambio climático, la creación de nuevas oportunidades económicas y proporcionar acceso a la energía a millones de personas que aún viven sin servicios de energía modernos. En este contexto, la asamblea general de las Naciones Unidas declaró en el 2014 el primer año de una década de energía sostenible para todos (SE4ALL), donde se apunta a duplicar la participación de las ER en el sistema energético desde una línea base del 18% en 2010 al 36% en 2030 (United Nations,

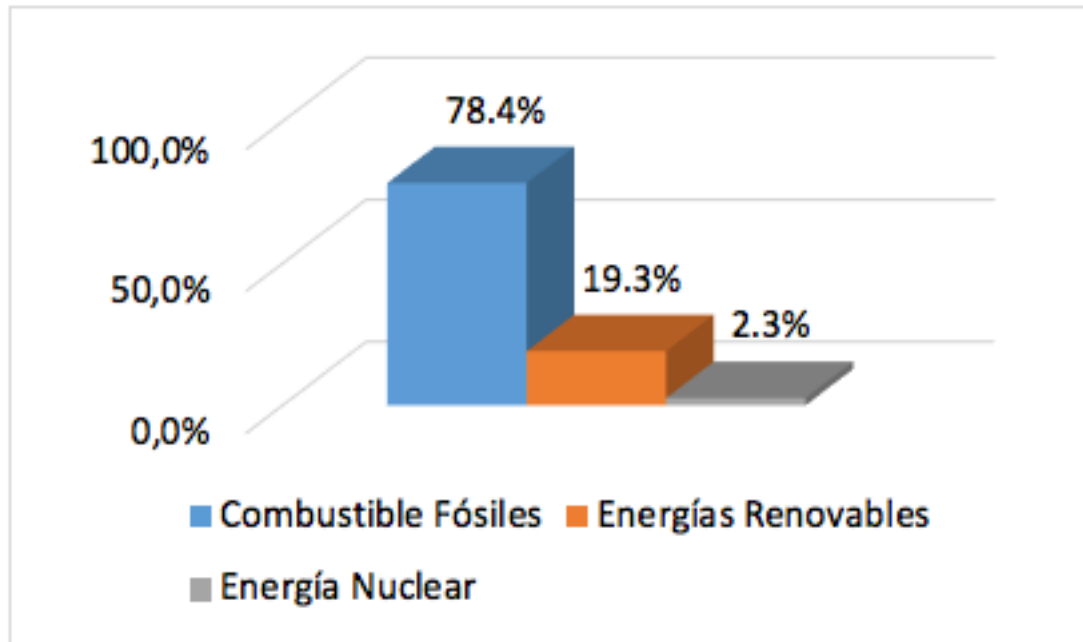
2013).

Según la International Renewable Energy Agency (IRENA), en el año 2016 las ER proporcionaron un estimado de 19.3% del consumo mundial de energía. Se destaca la producción de energía a partir de la biomasa para calefacción y cocina en las áreas rurales en los países en vía de desarrollo con una representación alrededor del 9.1%, una participación del 10.2% para las ER modernas como la energía solar fotovoltaica, eólica, hidroeléctrica, solar térmica y biocombustibles (REN21, 2017).

En las Figuras 1 y 2 se resumen los datos presentados en relación a la distribución de las energías renovables en el consumo mundial de energía.

Figura 1

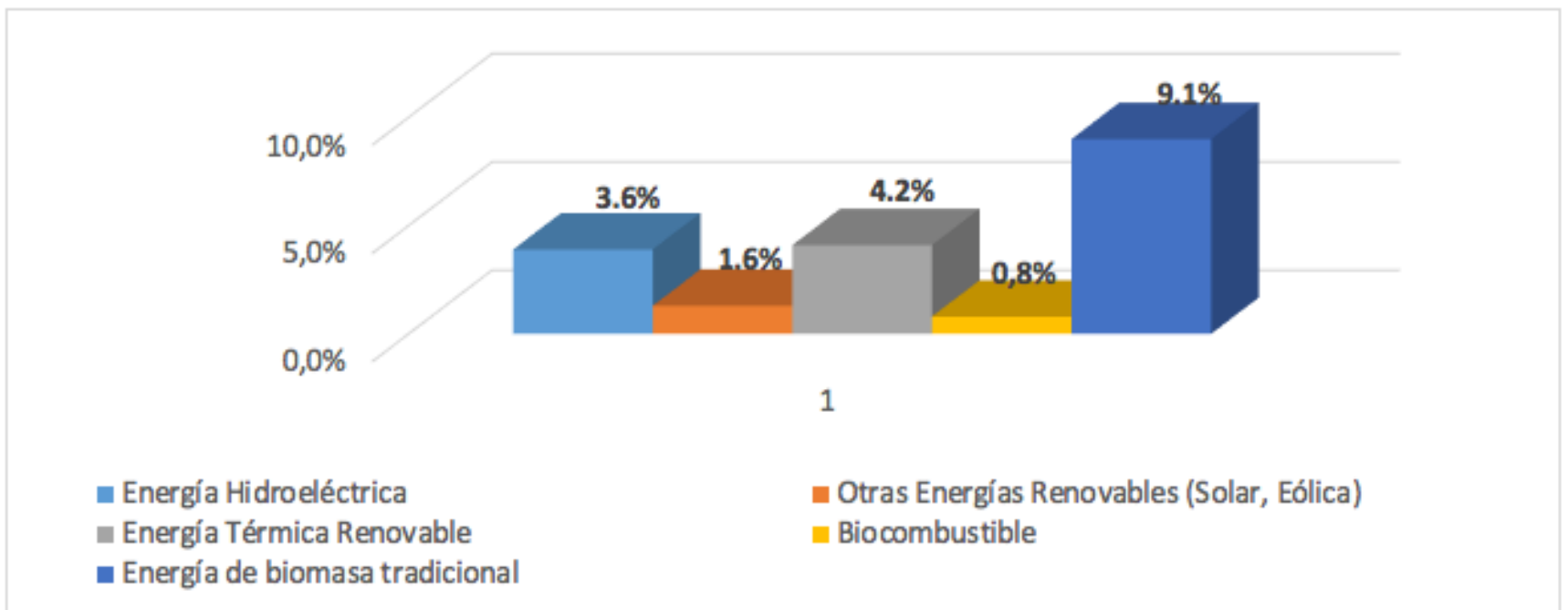
Consumo de energía mundial para el año 2016



Fuente: REN21 (2017).

Figura 2

Consumo de energías renovables para el año 2016.



Fuente: REN21 (2017).

El crecimiento de las ER, en especial en el sector de la energía, se ha visto impulsado por el aumento en la relación costo-competitividad lo cual ha hecho que en muchos países los costos sean competitivos con las fuentes de energía convencional. Tal es el caso de las zonas rurales de difícil acceso, en las que las ER están desempeñando un rol progresivo en el suministro de servicios energéticos esenciales y para el sector productivo; en gran parte debido al reconocimiento creciente de su rentabilidad.

No obstante, el crecimiento de las ER sigue siendo moderado en virtud de los subsidios que aún reciben los combustibles fósiles y la energía nuclear; particularmente en los países en vía de desarrollo. A continuación, se presentan algunas cifras del crecimiento de las ER en el sector de la energía a nivel mundial:

En la Unión Europea, las ER representaron el 86% de la capacidad de generación de energía, con mayor participación de la energía eólica y la fotovoltaica (REN21, 2017). Alemania incrementó su participación del 10.5 % en 2010 a 24% en 2014; mientras que un país como Escocia suministra cerca de la mitad de su electricidad a partir de ER (REN21, 2015).

En Estados Unidos las ER representaron más del 15% del total de generación de electricidad. Se destaca un aumento notable en la electricidad generada por la energía eólica y la fotovoltaica; mientras que se presentó disminución en la generación de bioenergía (REN21, 2017).

En Latinoamérica y el Caribe, Brasil fue el líder en nueva capacidad instalada de ER, con un record de 2.5 GW de capacidad de generación con energía eólica para el 2014 (REN21, 2015); mientras que Uruguay es el país que añadió más capacidad de generación de energía eólica per cápita a nivel mundial en los últimos años. En este país, la energía eólica alcanzó a suministrar el 22.8% del consumo de electricidad en el 2016 (REN21, 2017).

En Asia se tiene la mayor capacidad de generación de ER instalada. El líder es China, el cual es el país con mayor capacidad de producción de energía solar, eólica e hidroeléctrica. De igual forma, Tailandia incrementó su producción de energía solar en una proporción que supera a muchos países europeos; además de Filipinas y Pakistán que han incrementado notablemente su capacidad instalada en energía eólica (REN21,2015).

En Australia, que es líder de la región de Oceanía en capacidad de electricidad renovable, el mayor porcentaje lo tienen las hidroeléctricas con el 59% y la energía eólica con el 32% (REN21,2017).

En África también se viene presentando un aumento en las instalaciones a partir de ER. Sudáfrica se convirtió en uno de los 10 mejores mercados de la energía solar, por delante de la India, además está realizando las primeras instalaciones en energía eólica. En Kenia, se tiene instalado más de la mitad de la capacidad geotérmica del mundo (REN21,2015).

2.1. Energía solar fotovoltaica

Según la International Energy Agency (2014), la eficiencia media de los módulos fotovoltaicos (FV) de silicio comerciales ha mejorado en los últimos diez años en alrededor de 0.3 % por año, llegando a un valor de 16% en 2013. Los módulos comerciales de mejor desempeño, con base en diferentes tecnologías de fabricación alcanzan eficiencias entre un 19% y 21% (Shallenberg y otros, 2008). Generalmente los módulos FV son garantizados para una vida útil de 25 años, como mínimo, trabajando en el 80% de su potencia nominal, a veces durante 30 años en el 70% de su potencia nominal. Las estadísticas y proyecciones a nivel mundial son: (International Energy Agency, 2014; International Renewable Energy Agency, 2013; REN21, 2015; REN21, 2017; International Energy Agency, 2017).

Desde el 2010, en el mundo se ha adicionado más capacidad en energía FV que en las cuatro décadas anteriores. Los nuevos sistemas fueron instalados en 2013 a un ritmo de 100 MW de capacidad por día. A inicios del año 2014 la capacidad global superó los 150 GW. Durante el 2016 se agregaron 75GWdc de capacidad solar fotovoltaica a nivel mundial, lo cual equivale a la instalación de más de 31,000 paneles solares por hora.

El patrón geográfico de despliegue está cambiando rápidamente. Mientras que algunos países europeos, encabezados por Alemania e Italia, iniciaron a gran escala el desarrollo de sistemas FV; desde el año 2013, la República Popular China ha liderado el mercado FV mundial, seguido por Japón y Estados Unidos. Las cifras más recientes presentadas en el 2017, muestran que el 85% de la capacidad instalada estuvo focalizada en 5 mercados: China, Estados Unidos, Japón, India y el Reino Unido. Los líderes en capacidad solar FV por habitante son Alemania, Japón, Italia, Bélgica y Australia.

Casi 11 GW de capacidad FV estaban conectados a la red en Europa en 2013, en

comparación con 17.7GW en 2012 y más de 22.4 GW en 2011.

En datos de la European Photovoltaic Industry Association (2014), China fue el principal mercado en 2013 con 11.8 GW de los cuales 500 MW representan sistemas aislados. China fue seguido por Japón con 6.9 GW y los EEUU con 4.8 GW.

En América Latina, en el año 2014, entraron en funcionamiento 625 MW de energía FV, frente a los 133 MW instalados en el 2013. El principal artífice de este incremento fue Chile aportando en un 75% del incremento total, seguido de forma distante por México y Brasil. Chile agregó 0.7GW en 2016 para finalizar el año con un total de 1.6GW. México adicionó 150 MW para un total instalado de 0.3 GW.

Los precios de los sistemas FV se han dividido por tres en los últimos seis años en la mayoría de los mercados, mientras que los precios de los módulos FV se han dividido por cinco. El costo de la electricidad a partir de nuevos sistemas construidos varía de 90 a 300 USD/MWh, dependiendo del recurso solar; el tipo, tamaño, costo de los sistemas, madurez de los mercados y los costos del capital.

Se estima que la participación de la energía FV en la producción de la electricidad mundial alcance un 16% en 2050, lo cual representaría un aumento significativo de la meta del 11% en la hoja de ruta de 2010. La generación fotovoltaica contribuiría con un 17% de toda la electricidad limpia, y el 20% de toda la electricidad renovable. Se espera que China continúe liderando el mercado mundial, lo que representa alrededor del 37% de la capacidad mundial para el año 2050.

Para lograr las estadísticas anteriores, se espera que los costos de la electricidad a partir de energía FV en diferentes partes del mundo se reduzcan en un 25% para el 2020, 45% en 2030, y el 65% en 2050; lo que lleva a un rango de 40 a 160 USD/MWh.

2.2. Energía eólica

A continuación, se presentan un conjunto de estadísticas que están basadas en los últimos informes elaborados por la Asociación Mundial de Energía Eólica (The World Wind Energy Association: WWEA) en el 2014 y 2016 sobre tecnologías, recursos, proyecciones mundiales y costos de la energía eólica a nivel mundial (WWEA, 2014; WWEA, 2016).

La capacidad eólica en todo el mundo llegó a 336,327 MW a finales de junio de 2014, de los cuales 17,613 MW se añadieron en los primeros seis meses del año. Este aumento es sustancialmente mayor que en el primer semestre de 2013 y 2012, cuando 13.9 GW y 16.4 GW se añadieron respectivamente. La capacidad eólica instalada en todo el mundo a mediados de 2014 fue de alrededor del 4% de la demanda mundial de electricidad. A junio de 2016, la capacidad eólica mundial alcanzó los 456 GW; con un liderazgo de países como Alemania, India y Brasil.

Las razones para el desarrollo relativamente positivo de los mercados eólicos en todo el mundo, se centran en las ventajas económicas de la energía eólica y su creciente competitividad en relación con otras fuentes de electricidad, así como la urgente necesidad de poner en práctica tecnologías libre de emisiones con el fin de mitigar el cambio climático y la contaminación del aire.

Los cinco países líderes en energía eólica son China, Estados Unidos, Alemania, India y España, los cuales aportan un 67% de la capacidad eólica mundial. China alcanzó una capacidad eólica de 98 GW a junio de 2014, mientras que Alemania aportó solo 1.8 GW debido a los cambios que se han producido en la legislación de energías renovables en ese país. Por primera vez Brasil ha entrado en el grupo de los líderes mundiales al convertirse en el tercer mercado para turbinas eólicas nuevas con 1.3 GW de nueva capacidad, representando el 7% de todas las ventas mundiales en este sector. De esta forma, Brasil se sigue presentando como el país líder en toda Latino América. En total, cuatro países instalaron capacidades mayores a 1 GW en el primer semestre de 2016: China con 10 GW, India 2.4 GW, Alemania 2.4 GW y Brasil 1.1 GW.

India mantiene su posición como número dos en Asia y número cuatro a nivel mundial. Estados Unidos, después de que su efectividad colapsara en 2013, ha presentado signos de

recuperación con un mercado de 835 MW superando por poco a países como Canadá (723 MW), Australia (699 MW) y Reino Unido (649 MW). Finalmente, el mercado de España no ha contribuido significativamente al crecimiento del 2014 puesto que sólo aportó 0.1 MW de nuevas instalaciones para el primer semestre del año. En la Tabla 1 se muestra la capacidad total y la capacidad adicionada en energía eólica por todos los países a nivel mundial hasta el primer semestre del 2016.

Tabla 1
Capacidad Total Instalada y Adicionada de energía eólica en el mundo – junio 2016

Posición	País	Capacidad Total – Junio 2016 (MW)	Capacidad Adicionada – Junio 2016 (MW)
1	China	158,000	10,000
2	Estados Unidos	74,696	830
3	Alemania	47,420	2,389
4	India	27,151	2,392
5	España	22,987	-
6	Reino Unido	13,940	320
7	Canadá	11,298	109
8	Francia	10,861	568
9	Brasil	9,810	1,095
10	Italia	9,101	143
11	Suiza	6,338	309
12	Polonia	5,300	200
13	Turquía	5,146	428
14	Dinamarca	5,089	25
15	Portugal	5,040	6
	Resto del Mundo	44,309	2,900
	Total	456,486	21,714

Fuente: WWEA (2016)

Asia, Europa y América del Norte seguirán impulsando nuevas adiciones de capacidad en un futuro previsible. Es probable que China continúe dominando nuevas adiciones de capacidad, teniendo en cuenta sus planes ambiciosos y políticas de apoyo. Aunque las nuevas adiciones no pueden crecer tan rápidamente como lo han hecho en los últimos años, independientemente de los planes chinos de llegar a 200 GW de capacidad instalada en

2020. India es probable que surja como un nuevo mercado importante, con adiciones de capacidad de 2 a 3 GW por año.

Las perspectivas en América del Norte son mucho más inciertas, debido a las incertidumbres legislativas y el impacto continuo en la economía del país. Europa continuó reduciendo su participación en el mercado global de capacidad instalada, contabilizando el 33% a fines de junio de 2016.

En América Latina se estima un importante crecimiento liderado por Brasil, del cual se espera que pueda alcanzar la sexta posición a nivel mundial para el 2018. Finalmente, el panorama en África y oeste medio es particularmente incierto, pero se estima que la capacidad instalada debió ser de 2 GW en 2015. Según la International Renewable Energy Agency (2012), África tiene un gran potencial eólico, aunque no se distribuye de forma uniforme; no obstante, tienen todas las posibilidades de presentar mejores tasas de crecimiento en un futuro.

2.3. Energía a partir de biomasa

En 2012 la bioenergía representaba aproximadamente el 10% o 51×10^{18} Joule (51 EJ) de la demanda mundial de energía, cifra notablemente más grande que cualquier otro tipo de energía renovable. De dicho porcentaje, la gran mayoría (27 EJ) provenía de la utilización de la biomasa en estufas de leña tradicionales en los países en desarrollo.

Esta cifra se ha mantenido bastante constante a lo largo de los años. Según la International Renewable Energy Agency (2015), en términos de uso de la biomasa de alta eficiencia y el carácter neutro en carbono de la combustión de biomasa, el crecimiento en la utilización de la bioenergía se observa actualmente en los sistemas de generación de electricidad a partir de biomasa, que representa aproximadamente 6 EJ.

La disponibilidad de la biomasa es un aspecto clave para la bioenergía. Esta energía es ampliamente utilizada en las regiones que cuentan con amplios recursos de madera, forestales o residuos agrícolas. Un plan de negocios, incluyendo los costos de recolección y la logística de los recursos de biomasa, es necesario para asegurar que la cogeneración a partir de biomasa sólida sea económicamente viable. Para producción a gran escala en centrales térmicas de carbón, una ubicación cerca de lugares con grandes recursos es clave para facilitar el suministro de biomasa.

El uso de la biomasa para cogeneración puede estar en competencia con los usos no energéticos de los residuos agrícolas y forestales o residuos industriales a partir de la leña (es decir, la pulpa y el papel). El aumento de la competencia entre los diferentes usos puede aumentar el precio de la biomasa. La estabilidad del mercado es un tema crítico, incluso en regiones con políticas de apoyo.

La sostenibilidad, el medio ambiente y los aspectos sociales (la reducción de gases de efecto invernadero, la biodiversidad, el impacto sobre el suelo y el agua) podrían, si no se tratan adecuadamente, presentar importantes barreras para lograr la masificación en el uso de la biomasa. En este aspecto los gobiernos juegan un rol fundamental, puesto que pueden mejorar la sostenibilidad de la bioenergía con el establecimiento de criterios apropiados, indicadores, certificaciones y orientación técnica para supervisar su impacto.

2.4. Energía hidroeléctrica

Alrededor de 160 países en todo el mundo utilizan la tecnología de la energía hidroeléctrica para la generación de energía. Con una capacidad total instalada de 1,060 GW (19.4% de la capacidad eléctrica del mundo en 2011), la energía hidroeléctrica genera aproximadamente 3,500 TWh al año, lo que equivale al 15.8% de la generación mundial de electricidad. Según la International Renewable Energy Agency (2015), las centrales hidroeléctricas proporcionan al menos el 50% del suministro total de electricidad en más de 35 países.

La construcción de centrales hidroeléctricas requiere de un tiempo de espera largo, especialmente cuando se necesita un embalse. Los costos de inversión para nuevas plantas hidroeléctricas, incluyendo la preparación del terreno y obras de ingeniería civil, dependen

en gran medida del sitio específico. Los costos de inversión incluyen evaluaciones de planificación, factibilidad, análisis de impacto ambiental y la concesión de licencias. Recientes cifras de costos de inversión para las grandes centrales hidroeléctricas oscilaron entre 1050 USD/kW a 7650 USD/kW. Para los pequeños proyectos hidroeléctricos, el rango varía aún más, a partir de 1000 USD/kW a 10000 USD/kW.

El potencial global de energía hidroeléctrica técnica se estima en alrededor de 15,000 TWh por año. La mitad de este potencial total está disponible en Asia y 20% en América Latina, no obstante, gran parte de este potencial aún está por explotar principalmente en África, América Latina y Asia; mientras que en Europa se encuentra aproximadamente la mitad de todo el potencial hidroeléctrico. Sin embargo, los grandes proyectos con este tipo de energías pueden encontrarse con la oposición social a causa de su impacto en la disponibilidad de agua, los ecosistemas, medioambiente, además de la necesidad de reubicar a las poblaciones afectadas.

La central hidroeléctrica operativa más grande del mundo es la planta de Tres Gargantas en China, con una capacidad de 22.5 GW. La central hidroeléctrica de Itaipú ubicada en Brasil/Paraguay ocupa el segundo lugar con una capacidad de 14 GW y una generación de 98.2 TWh en 2012.

2.5. Energía solar térmica

En 2014 el mercado de los concentrados en energía solar térmica siguió con el ritmo de casi una década de fuerte crecimiento. Durante el transcurso del año, se implementaron cuatro nuevos proyectos con una capacidad de generación de 0.9 GW aumentando la capacidad global a 4.4 GW. En los cinco años entre 2009 y 2014 la capacidad operativa global aumentó en un promedio anual del 46%. Estados Unidos sigue como líder del sector por segundo año consecutivo seguido de la India.

Por otra parte, las tecnologías solares térmicas contribuyen a la producción de agua caliente en muchos países, calefacción y procesos industriales. En el mundo se instalaron 55 GW de la capacidad de calor solar, frente a 54.1 GW en 2012. Según REN21 (2015), un estimado de 53.3 GWth de las nuevas instalaciones en 2013 fueron vidriadas, mientras que el resto fueron sistemas de agua no vidriada para calefacción de piscinas (3.1%) y sistemas de colectores de aire (0.1%).

En Latinoamérica existen incentivos en países como Chile, México y Uruguay para que implementen la calefacción solar. En Uruguay se garantiza un subsidio del 50% de descuento aplicable directamente de la factura eléctrica. En México se entregan subsidios para la utilización de colectores solares en programas de vivienda social. En Chile se adjudican subsidios para la implementación de calentadores de agua solares en la reconstrucción de zonas afectadas por fenómenos naturales.

2.6. Energía geotérmica

Las fuentes geotérmicas entregan energía en forma de electricidad, calentamiento y enfriamiento directo. A nivel mundial la producción global de este tipo de energía fue de 147 TWh con corte a 2014, de los cuales se estima que la mitad está dedicada para la generación de electricidad geotérmica. Aproximadamente 640 MW de la nueva generación de potencia geotérmica fue implementada en el 2014 para cerrar una capacidad mundial cercana a los 12.8 GW. Los países que más evolucionaron en capacidad instalada fueron Kenia, Turquía, Indonesia, Filipinas, Italia, Alemania, Estados Unidos y Japón.

El uso directo geotérmico se refiere a la extracción térmica directa para calefacción y enfriamiento, excluyendo las bombas calor. En 2014 se estima que se produjeron 73 TWh de geotermia directa. Se pronostica que el mayor sector de uso directo son las piscinas con 9.1 GWth además de los baños públicos con capacidad de 33.2 TWh de uso. Sin embargo, esta categoría es difícil de cuantificar debido a los diferentes métodos de operación.

3. Contexto latinoamericano de las energías renovables

En la actualidad, Latinoamérica es una región de rápido crecimiento para las ER con un interés creciente para el desarrollo de este tipo de recursos. Los altos precios de la electricidad en la mayor parte de las regiones, la creciente demanda, y en algunos casos, el potencial de exportación, proporcionan un terreno fértil para el despliegue de tecnologías de energías renovables. Además, en la región existe una larga trayectoria de producción de energía hidroeléctrica lo cual se ha traducido en políticas y legislaciones que fomentan el uso de las ER.

La generación de electricidad es el sector que ha atraído la mayor parte de las políticas de ER y la evolución legislativa en América Latina, lo cual abarca la promulgación de leyes de ER, establecimiento de objetivos para generar electricidad renovable, políticas de disminución de aranceles, incentivos fiscales, disposiciones para acceso a la red y servicios de financiación. Actualmente la mayoría de los países de esta región tienen leyes para el campo de las ER, a excepción de Bolivia, Guyana y Surinam que no tienen leyes o programas en este campo.

El establecimiento de objetivos nacionales de ER ofrece una clara indicación sobre el nivel de desarrollo de la ER y la línea de tiempo prevista por los gobiernos. En la Tabla 2 se muestran las proyecciones de ER para los principales países de América Latina con mayor aplicación en el sector eléctrico. Los objetivos se presentan en diferentes formas como en la capacidad en MW o MWh, términos de generación o en términos relativos. Los tipos de objetivos (por ejemplo, el alcance o la tecnología) a menudo coexisten y se superponen. Por ejemplo, según datos de REN21 (2015) Ecuador tiene una meta de 90% de ER en 2017 con un objetivo de 4.2 GW de energía hidroeléctrica en 2022.

Tabla 2
Proyecciones de ER en América Latina

País	Objetivos en energías renovables
Argentina	Generar el 8% de la energía para el 2016.
Bolivia	Generar 183 MW de ER para el 2025. Incrementar la participación en el mix energético en un 10% en 5 años. Generar 120 MW de energía geotérmica.
Brasil	Suministrar el 42.3% de la energía primaria para el año 2023. Tener para el 2023 el 86.1% de la matriz de generación de electricidad.
Chile	20% de la generación para el 2025. 45% de la nueva capacidad instalada para el 2025.
Colombia	6.5% de generación de electricidad para 2020, excluyendo las grandes hidroeléctricas.
Costa Rica	28.2% de energía primaria para 2020. 97% de electricidad para 2018.
Ecuador	90% de la electricidad para 2017. 4.2 GW con energía hidroeléctrica para 2020. 277 MW para el 2020 sin hidroeléctricas.
	Para el 2026: 60 MW eólica, 90 MW fotovoltaica, 200 MW solar

El Salvador	térmica, 60-89 MW geotérmica, 162.7 MW pequeñas hidroeléctricas, 45 MW biomasa y 35 MW biogás.
Guatemala	60% de electricidad para 2022. 80% de electricidad a largo plazo. 500 MW a largo plazo.
Guyana	20%, 28% y 47% para los años 2017, 2022 y 2027 respectivamente.
Honduras	60% de electricidad para 2022. 80% de electricidad para 2034. 25% adicionales de energía hidroeléctrica para 2034.
México	24.9%, 35%, 40% y 50% para 2018, 2024, 2035 y 2050 respectivamente. Para 2018: 13,030 MW de energía hidroeléctrica, 8,922 MW de eólica, 1,018 MW de geotérmica, 748 MW de bioenergía y 627 MW de solar.
Nicaragua	94% de la electricidad para 2017.
Panamá	706 MW de energía hidroeléctrica para 2023.
Perú	6% de generación de electricidad, sin incluir la hidroeléctrica. 60% de generación de electricidad incluyendo la hidroeléctrica.
Uruguay	50% de energía primaria para 2015. 90% de electricidad para 2015.
Venezuela	613 MW adicionales para 2019, de los cuales 500 MW corresponden a energía eólica.

Fuente: International Renewable Energy Agency (2015)

4. Contexto colombiano de las energías renovables

Debido a sus condiciones climáticas, su ubicación en el trópico y en las montañas de los Andes, Colombia es un país con un alto potencial para el desarrollo de las ER en sus diferentes regiones, principalmente para la energía eólica, solar, biomasa, geotérmica y pequeñas centrales hidroeléctricas. Sin embargo, debe crear las condiciones necesarias para propiciar su desarrollo para así poder consolidarse como un país líder en reducción de la huella de carbono con capacidad para exportar energías limpias.

En el Sistema Interconectado Nacional (SIN) existen grandes oportunidades para el desarrollo de las ER en un futuro cercano debido a los crecimientos en la demanda y la escasez del gas natural. En las Zonas No Interconectadas (ZNI) el panorama también es favorable para sustituir la generación tradicional con diésel por las ER, máxime si se tienen en cuenta que la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) ha reconocido la rentabilidad de las fuentes no convencionales de energía en estas zonas. Sin embargo, aún existen barreras relacionadas con los altos costos de inversión, lo que se agudiza ante el panorama de reducción de costos en la generación a partir de fuentes convencionales.

Teniendo en cuenta lo anterior, la UPME a través de su plan de desarrollo 2011-2020 para las Fuentes no Convencionales de Energía (FNCE) realizado por el Consorcio Energético CORPOEMA (2010), ha establecido como un subprograma estratégico la promoción del uso

de FNCE; para lo cual el plan adopta las metas presentadas en la Tabla 3, para las ZNI y el SIN.

De acuerdo con un estudio de soporte del plan de acción de la UPME, las FNCE en el 2008 participaban el SIN con 192.4 MW, lo cual equivale a 1.4% del total instalado de 13,400 MW en el país. Este porcentaje representa la distribución por tecnologías que se muestra en la Tabla 4 respecto a la composición de las FNCE en el SIN. Para el caso de las ZNI, existen 118 MW instalados, de los cuales solo el 8% corresponde a FNCE.

Tabla 3
Proyecciones de las FNCE

Proyecciones de las FNCE en el SIN	
Año 2015	3.5%
Año 2020	6.5%
Proyecciones de las FNCE en el ZIN	
Año 2015	20%
Año 2020	30%

Fuente: Consorcio Energético CORPOEMA (2010)

Tabla 4
Capacidad instalada de las FNCE

Tecnología	Capacidad instalada en MW	Porcentaje
Pequeñas hidroeléctricas	146	75.9%
Biomasa	26.9	14%
Eólica	19.5	10.1%
Total	192.4	100%

Fuente: Consorcio Energético CORPOEMA (2010)

4.1. Energía solar FV

En Colombia el potencial de la energía FV se ha calculado tomando como referencia la información suministrada por las estaciones meteorológicas instaladas por el Instituto de Estudios Ambientales (IDEAM). La UPME tiene a disposición de la comunidad general el atlas de radiación solar en Colombia, el cual fue realizado utilizando estaciones de brillo solar y estaciones radiométricas. A partir de esta información, se calculó el potencial solar para cada una de las regiones colombianas según se puede observar en la Tabla 5.

Tabla 5
Potencial de la energía solar en Colombia

Región	kWh/m²/año

Guajira	2.190
Costa Atlántica	1.825
Orinoquía	1.643
Amazonía	1.551
Andina	1.643
Costa Pacífica	1.278

Fuente: Consorcio Energético CORPOEMA (2010)

En la Costa Atlántica se tiene una irradiación solar promedio anual de 1825 kWh/m²/año. Si se tiene en cuenta que el promedio máximo a nivel mundial es de 2500 kWh/m²/año, el potencial en esta región del país es del 73% respecto a la referencia global. Además, es de resaltar que las variaciones mensuales en territorio colombiano respecto a la medida global son mínimas en comparación con otras regiones del mundo; lo cual a priori reduce el tamaño de los sistemas de acumulación de energía.

4.2. Energía eólica

El estudio más reciente del que se dispone en Colombia respecto al potencial eólico corresponde al Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia realizado por la UMPE y el IDEAM en el 2006. La información disponible en el atlas se tomó a partir de 111 estaciones instaladas a lo largo del territorio colombiano, además del uso de modelos meteorológicos. La Tabla 6 muestra los potenciales de densidad de potencia promedio multianual con 20 m de altura. Se destaca el alto potencial que existe en regiones como la Guajira y las zonas circundantes a Barranquilla.

Tabla 6
Potencial de la energía eólica en Colombia

Ubicación	W/m ²
Guajira (cabo de la vela hasta el extremo norte)	1000-1331
Poblaciones alrededor de Barranquilla	216-512
Región costera de Urabá	125-216
Zona de medio Cesar	125-216
Paso de la línea entre Ibagué y Armenia	216-343
Resto del país	Menos de 125

Fuente: Consorcio Energético CORPOEMA (2010)

Además, los datos presentados por el IDEAM muestran que existen 16 lugares en Colombia donde se presentan velocidades del viento importantes para el aprovechamiento con energía eólica. Se destacan la Isla de San Andrés, Isla de Providencia, Gachaneca, Riohacha, Soledad, Cúcuta, Bucaramanga, Bogotá y Santa Marta, con velocidades del viento que oscilan entre 4 y 5 m/s. Es de anotar que esta información no proporciona la altura a la que

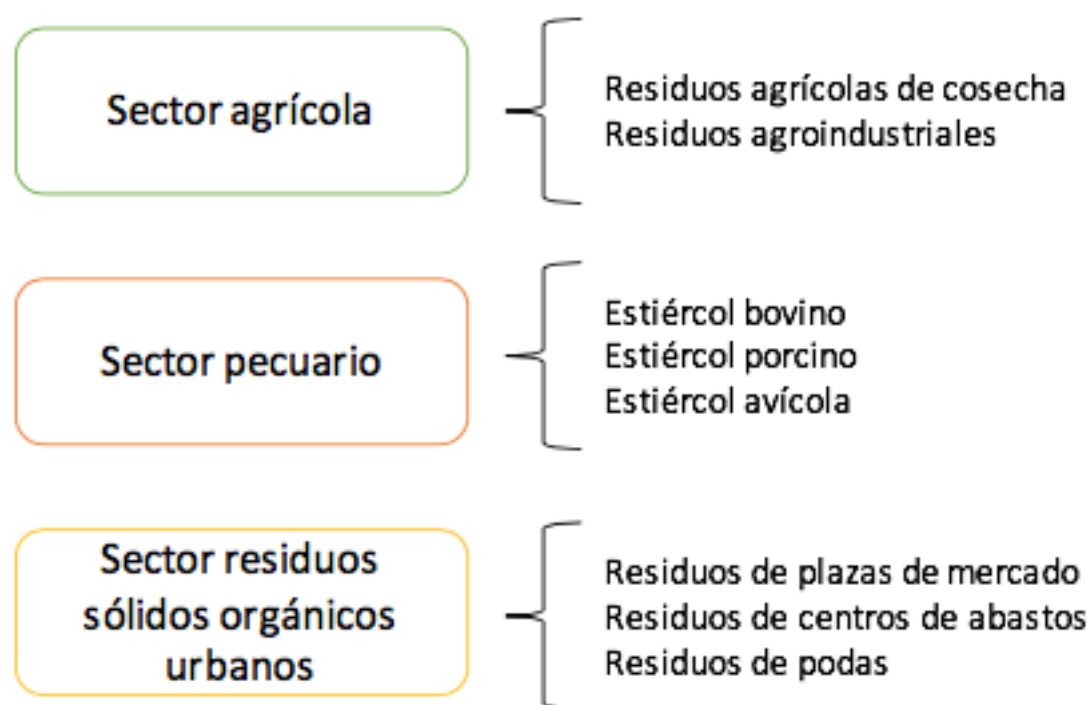
se tomaron los datos en cada una de las regiones.

4.3. Energía a partir de biomasa

La biomasa en Colombia tiene un gran potencial teniendo en cuenta la cantidad de residuos agrícolas y forestales que se generan en el país. Según un estudio de la UPME se estima que en Colombia se tiene una capacidad energética aproximada de 12,000 MWh/año a partir de la biomasa residual agrícola utilizando la pulpa de la palma de aceite, cascarilla de arroz, bagazo de caña, pulpa de café, entre otros.

Según Escalante y otros (2009), Colombia por su posición geográfica y variedades de climas cuenta con condiciones favorables para el desarrollo de actividades agropecuarias, lo cual posiciona a este sector como una fuente importante de biomasa residual. En la Figura 3 se muestran las fuentes de biomasa residual con alto potencial en territorio colombiano.

Figura 3
Fuentes de biomasa residual



Fuente: Escalante y otros (2009)

4.4. Energía hidroeléctrica

Según estadísticas presentadas por la UPME, Colombia ha sido catalogada como el cuarto país con mayor capacidad hidráulica en el mundo, debido a que cuenta con un caudal de 52,075 m³/s para un área total de 1,141,748 km². Se estima un potencial de 25,000 MW instalables para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH's), de los cuales se han construido 197 pequeñas centrales con una capacidad instalada que ronda los 220 MW. Según Consorcio Energético CORPOEMA (2010), este potencial hidráulico no se ha aprovechado al máximo, en grandes proyectos sólo se ha explotado el 8.27% y en PCH's sólo el 0.67%.

En el territorio colombiano las PCH's menores de 20 MW son rentables debido a las condiciones del mercado eléctrico y a los incentivos tributarios actuales. Los bajos costos asociados a su construcción y mantenimiento, así como una buena eficiencia energética hacen de este tipo de energías una excelente alternativa. Además, esta energía resulta rentable para las zonas rurales porque permite la generación de empleos locales al mismo tiempo que es competitiva respecto a la generación tradicional con combustible diésel.

4.5. Marco regulatorio

El gobierno nacional de Colombia sancionó la ley 1715 de 2014 por medio de la cual se regula la integración de las ER no convencionales al sistema energético nacional, en el que se busca fomentar la inversión, la investigación y el desarrollo de las denominadas energías

limpias. Se definen las ER como aquellas que son ambientalmente sostenibles, que no se utilizan de forma masiva en el territorio nacional y que no se comercializan abundantemente. En ese sentido se definen como renovables la energía eólica, solar, mareomotriz, biomasa y pequeñas centrales hidroeléctricas; además de las que considere la UPME.

Uno de los principales logros con esta ley es que autoriza a los auto-generadores de energía a pequeña y gran escala, que utilicen fuentes no convencionales, a entregar a la red de distribución y/o transporte los excedentes de energía que produzcan los cuales pueden ser negociados de acuerdo a los lineamientos planteados por la CREG. Dichos lineamientos deben estar en consonancia con los principios establecidos en las leyes 142 y 143 de 1994, así como en las directrices establecidas por el Ministerio de Minas y Energía.

Según el Congreso de Colombia (2014), otro de los aspectos neurálgicos que incluye la ley son los incentivos a inversión en proyectos con ER: a) incentivos a la generación con descuentos del 50% de la inversión realizada deducibles en las declaraciones de renta durante cinco años consecutivos. b) incentivos tributarios, por lo que las inversiones en equipos, elementos, maquinarias y servicios no pagarán el IVA. c) incentivos arancelarios con los que las importaciones de equipos para proyectos de inversión en ER no realizarán pagos arancelarios. d) incentivos contables para que la depreciación de activos no supere el 20% como tasa global anual.

5. Conclusiones

En el mundo, el suministro total de energía se ha venido incrementando en las últimas décadas, con una marcada reducción en el porcentaje de producción del petróleo y un considerable aumento en la contribución de energía nuclear, gas natural y energías renovables. La evolución de las energías renovables se justifica porque ofrecen una llamativa reducción de emisiones de los gases del efecto invernadero, mitigación del cambio climático, oportunidades para la creación de empleo y desarrollo tecnológico. De igual forma, es relevante la independencia de éste tipo de energías de los combustibles fósiles, los cuales, son finitos, se están agotando y tardarían millones de años para restaurarse completamente.

Es de resaltar que el rápido crecimiento que han presentado las ER a nivel mundial ha propiciado que en los diferentes continentes las empresas generadoras y distribuidoras de servicios eléctricos estén actualizando sus modelos de negocios e infraestructuras de red; adquiriendo bienes relacionados con las ER, al mismo tiempo que disminuyen las inversiones que realizan en combustibles fósiles.

En los países en vía de desarrollo, la formulación de políticas y metas en materia de energías renovables están ligadas a metas de reducción de emisiones y de la dependencia del suministro externo. En Latinoamérica es necesario aunar esfuerzos para masificar la participación de las energías renovables en el mercado energético. La primera tarea de los entes gubernamentales se debe centrar en lograr que todas las políticas y estrategias para masificar el uso de las energías renovables, presentadas a través de un plan de desarrollo, se puedan implementar garantizando su sostenibilidad en el tiempo. Para tal efecto se hace necesaria la participación activa de la comunidad y sector empresarial desde las fases iniciales de los proyectos hasta la implementación.

Se requiere de la presencia del estado de tal forma que se les garantice a los inversionistas el control de la problemática social, condiciones de seguridad y control de la informalidad en las zonas de los proyectos, particularmente en las zonas no interconectadas. Igualmente, es imperioso avanzar en un marco regulatorio que defina mecanismos de apoyo para financiar las energías no convencionales, normas para la instalación, construcción y acceso a la red de transmisión.

Referencias bibliográficas

Algarín, C.R., Llanos, A.P., & Castro, A.O. (2017). An analytic hierarchy process based approach for evaluating renewable energy sources. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(4), 38-47.

- Algarín, C.R., Giraldo, J.T., y Castro, A.O. (2018). Criterios en la Planificación Energética de Zonas Rurales Colombianas, *Información Tecnológica*, 29(3), en prensa.
- Arriagada, G. (2010). *Energy Policy in Latin America: The Critical Issues and Choices*. Recuperado de <https://goo.gl/DdrHxW>.
- Congreso de Colombia. (2014). *Ley 1715 de 2014. Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional*. Recuperado de <https://goo.gl/vGwkXd>.
- Consortio Energético CORPOEMA. (2010). *Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia. Volumen 2 – Diagnóstico de las FNCE en Colombia*. Recuperado de <https://goo.gl/Q9WKAS>.
- Escalante, H., Orduz, J., Zapata, H., Cardona, M. y Duarte, M. (2009). *Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.
- European Photovoltaic Industry Association. (2014). *Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018*. Recuperado de <https://goo.gl/xQqmBf>.
- International Energy Agency. (2017). *International Energy Outlook 2017*. Recuperado de <https://goo.gl/quVQuN>.
- International Energy Agency. (2014). *Technology Roadmap Solar Photovoltaic Energy*. Recuperado de <https://goo.gl/Rch7Ch>.
- International Renewable Energy Agency. (2015). *Biomass for Heat and Power: Technology Brief*. Recuperado de <https://goo.gl/wzw8NK>.
- International Renewable Energy Agency. (2015). *Hydropower: Technology Brief*. Recuperado de <https://goo.gl/uo8E6r>.
- International Renewable Energy Agency. (2015). *Renewable Energy in Latin America 2015: An Overview of Policies*. Recuperado de <https://goo.gl/9s1xjD>.
- International Renewable Energy Agency. (2013). *Solar Photovoltaics: Technology Brief*. Recuperado de <https://goo.gl/cXFw1s>.
- International Renewable Energy Agency. (2012). *Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series. Wind Power*. Recuperado de <https://goo.gl/Uxpk9t>.
- REN21. (2017). *Renewables 2017 Global Status Report*. Recuperado de <https://goo.gl/Pc2WuA>.
- REN21. (2015). *Renewables 2015 Global Status Report*. Recuperado de <https://goo.gl/FyaTcj>.
- Shallenberg, J., Piernavieja, G., Hernández, C., Unamunzaga, P., García, R., Díaz, M. y Subiela, V. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Santa Cruz de Tenerife: Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.
- United Nations. (2013). *Sustainable Energy for All*. Recuperado de <https://goo.gl/ztf7Hk>.
- World Bank. (2013). *Atlas of Global Development: A Visual Guide to the World's Greatest Challenges*. Washington DC: Collins.
- WWEA. (2016). *Half-year Report*. Recuperado de <https://goo.gl/5YAq2v>.
- WWEA. (2014). *Half-year Report*. Recuperado de <https://goo.gl/j5RGgY>.

1. Facultad de Ingeniería. Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia. Ingeniero Electrónico. carlosarturo.ing@gmail.com

2. Facultad de Ingeniería. Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia. Ingeniero Electrónico. omarfro@gmail.com
