

# Producción limpia y sustentable: un análisis a las fuentes de energía renovable

Clean and sustainable production: An analysis to the renewable energy sources.

Karelyn García Gómez.

Karelyn126@hotmail.com

Christian José Rincón Bernal.

Christian.rincon00@usc.edu.co

Rubén Darío Banguero Escobar.

ruben.dario0805@gmail.com

**Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial.**

## ***Resumen***

Se realizó una revisión sobre las energías renovables a nivel global y en Colombia, con el fin de conocer los beneficios y las ventajas no sólo ambientales, sino también económicas que representa su adaptación y utilización en la producción de una organización. Se describen algunos de los tipos de energías limpias o renovables con mayor desarrollo en la actualidad, sus aplicaciones, limitantes y niveles de CO<sub>2</sub> u otros contaminantes que emiten en comparación con los combustibles. Para evidenciar los resultados, se revisaron y son mencionados algunos casos de gran importancia en el aprovechamiento de energías renovables en países europeos y latinoamericanos, entre otros estudios, que demuestran el potencial de estas nuevas alternativas con el objetivo de reducir o mitigar los efectos de la contaminación ambiental. Los resultados de este estudio evidencian el compromiso de los países con mayor participación en el desarrollo de energías renovables y el rendimiento alcanzado en las últimas décadas. También se pone en manifiesto la importancia de las energías renovables en el sector eléctrico de Colombia mostrando especial atención en aquellas que le brindan firmeza al sistema colombiano, pero por condiciones del entorno y el diseño de políticas no han logrado penetrarse completamente en el sistema eléctrico colombiano.

***Palabras Clave:*** Energías renovables, eficiencia energética, electricidad, cambio climático, efecto invernadero, economía circular, producción más limpia.

## ***Abstract***

A review on renewable energies was carried out globally and in Colombia, in order to know the benefits and advantages not only environmental, but also economic that represents its adaptation and use in the production of an organization. Some of the types of clean or renewable energy with greater development are described, their applications, limitations and levels of CO<sub>2</sub> or other pollutants emitted compared to fuels. To show the results, there are some cases of great importance in the use of renewable energy in European and Latin American countries, among other studies, which demonstrate the potential of these new alternatives with the objective of reducing or mitigating the effects of the environmental pollution. On the other hand, the importance of renewable energies in the Colombian electricity sector is analyzed, showing special attention in those that give firmness to the Colombian system, but due to environmental conditions and policy design they have not been able to fully penetrate the electrical system Colombian.

***Keywords:*** Renewable energy, energy efficiency, electricity, climate change, greenhouse effect, circular economy, cleaner production.

## 1. INTRODUCCIÓN

La emisión de gases de efecto invernadero está causando cambios en el clima e impactos negativos en el ecosistema. La industria de energía eléctrica a partir de fuentes fósiles, representa la mayor participación de estas emisiones con un 25% (Jenniches, 2018). De acuerdo con estudios realizados, entre 2040 y 2050 habrá una mayor participación por parte de los países en desarrollo en el consumo de energía, lo que llevará a que se emitan en mayor cantidad los gases de efecto invernadero por la quema de combustibles; es por esta razón, que existe una mayor presión a nivel internacional en la adaptación y en la utilización de fuentes de energía renovables (Recalde, Bouille, & Girardin, 2015).

Los combustibles fósiles, tales como; gas, petróleo o carbón según afirma la Agencia Internacional de Energía representan actualmente el 88% de la energía mundial y llegarían a significar el 80% del total en 2035. En Colombia se tiene una generación eléctrica renovable o limpia, donde alrededor de un 70% es proveniente de la hidroelectricidad. En el consumo energético el 65,8% es proveniente de fuentes de petróleo y el 1,8% de biocombustibles (Bochno, 2011). El cambio climático, la dependencia de importaciones energéticas, y el carácter agotable de combustibles fósiles han captado la atención de países que buscan diferentes alternativas para las fuentes convencionales, y esto también ha incrementado la inversión en fuentes de energías limpias para disminuir emisiones y aumentar la oferta de un tipo de energía segura (Caraballo, 2016). Esto trae consigo un beneficio en cuanto a calidad de vida para los trabajadores de una organización, además de beneficios económicos a futuro para la misma.

Hasta el año 2005, las energías renovables en compañía de la biomasa representaban el 10,5% de energías consumidas a nivel mundial (Roldán Vilorio & Toledano Gasca, 2013a). Este margen de utilización ha ido en crecimiento desde entonces, las energías no convencionales cada vez toman más fuerza, algunas más que otras, pero cada una representa una alternativa potencial en la lucha contra la dependencia de las fuentes fósiles. La geotermia (energía geotérmica) por ejemplo, se dice que podría satisfacer el 3% de la electricidad y el 5% de la producción de energía térmica a nivel mundial. Las plantas hidroeléctricas generan más del 16% de la energía eléctrica en todo el mundo, en Colombia este tipo de energía tiene la mayor participación en generación de electricidad. Por su parte, la energía eólica contribuía el 3% del consumo eléctrico mundial en el 2017 y se espera que esta contribución aumente al 5% para el siguiente año. Finalmente, se presume que la participación de la energía solar a partir de celdas fotovoltaicas sea del 11% en el 2050, teniendo en cuenta que en el 2011 suministraron cerca del 0,01% de la generación de electricidad a nivel mundial (Escobedo G.G. & Andrade M.A., 2018).

Una de las nuevas tecnologías que ha generado resultados satisfactorios en la producción de calor y energía eléctrica es la gasificación de desechos de aves de corral. Así lo demuestran Jeswani, Whiting, Martin, & Azapagic, (2019). En este estudio, los autores concluyen que el impacto al medio ambiente a través de la gasificación de la cama de aves es menor en comparación con las alternativas de combustibles fósiles; también consideran, que los costos de implementación son relativamente más bajos que generar calor y electricidad mediante combustibles fósiles. Si lo vemos de esta forma, estaríamos aprovechando un residuo orgánico proveniente de las aves de corral, para mitigar el impacto por gases de efecto invernadero.

## 2. FUENTES ENERGÉTICAS

### 2.1. Energías alternativas a nivel mundial

Se sabe que las fuentes de energías renovables son la mejor opción para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y de esta forma combatir el cambio climático (Jenniches, 2018). En este artículo, se hace una breve revisión literaria de las principales fuentes de energías alternativas utilizadas para la producción de calor o energía. Las energías son necesarias en todas las actividades del ser humano, actualmente las energías renovables se vienen desarrollando y utilizando en gran parte de la industria energética gracias a su capacidad de renovarse de forma natural (Roldán Vilorio & Toledano Gasca, 2013b). Estas son algunas de las fuentes energéticas renovables utilizadas en la actualidad:

**Tabla 1. Tipos de energías renovables**

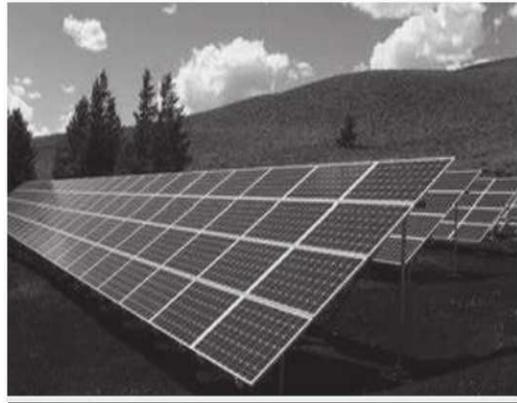
ENERGÍA	DESCRIPCIÓN
Solar (fotovoltaica)	La energía solar es la principal fuente de energía en el mundo, el sol emite rayos electromagnéticos que pueden aprovecharse a través del proceso fotovoltaico para transformarlos en electricidad (Juana, 2003).
Eólica	Es un tipo de energía renovable, proveniente de los movimientos de los vientos atmosféricos. La energía eólica se convierte en energía mecánica para posteriormente ser convertida en electricidad por medio de un alternador (Elías Castells, 2000).
Geotérmica	La energía geotérmica proviene del calor de la tierra y se considera un recurso de energía limpio y renovable. Se empezó a utilizar el calor de esta fuente por primera vez a principios del siglo XX para la producción de energía y servicio de calefacción (Gupta & Roy, 2008).
Biomasa	La energía por biomasa es la que se obtiene a partir de la materia orgánica renovable que es de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de éstas (Vega de Kuyper Juan Carlos & Ramírez Morales Santiago, 2014).

### 2.2. Energía solar.

En la actualidad, la energía solar se usa ampliamente para la generación de energía eléctrica y remplazar las fuentes convencionales, esto lo confirma la Red de Políticas de Energía Renovable para el siglo XXI (REN21) al afirmar que el uso de la tecnología solar fotovoltaica se expande rápidamente por el mundo (Rosas Luna, Fontes Cunha, De Miranda Mousinho, & Torres, 2019).

La energía solar es aprovechada por dos tipos de tecnologías renovables: la primera es la energía solar térmica, se basa en la recepción de radiación solar mediante placas planas para el almacenamiento y calentamiento de fluidos. Sus usos más frecuentes son la climatización de piscinas, refrigeración y procesos industriales térmicos. La segunda tecnología es la energía solar termoeléctrica. A diferencia de la energía solar térmica, esta concentra la radiación solar mediante colectores cilindro-parabólicos (Díaz Velilla, 2015).

**Figura 1. Matriz de paneles solares**



Fuente: (Escobedo G.G. & Andrade M.A., 2018)

Como se expresó en la tabla 1, la radiación solar es la principal fuente de energía y la única que es aprovechada por todos los ecosistemas del planeta. La tasa de radiación solar que incide en una región dependerá en gran medida de lo lejos que se encuentre del Ecuador. Es precisamente por esto que México es uno de los países Latinoamericanos que más ha desarrollado sus fuentes de energías renovables, ya que se encuentra ubicado geográficamente en una de las áreas de mayor radiación solar en el mundo con radiaciones diarias entre 4,4 y 6,3 KW\*h/m<sup>2</sup> (Vega de Kuyper Juan Carlos & Ramírez Morales Santiago, 2014).

Sangwan et al., (2018) realizan en un estudio una comparación del aprovechamiento de la energía solar para el funcionamiento de fábricas de aprendizaje en Braunschweig, Alemania y Pilani, India. El sistema Learning Factories (LF) por sus siglas en inglés funciona con tecnología fotovoltaica aprovechando la radiación solar para operar las fábricas de aprendizaje situadas en las regiones mencionadas anteriormente. Es necesario aclarar, que las fábricas de aprendizaje son diseñadas y desarrolladas para que los estudiantes graduados de universidades apliquen sus conocimientos y puedan brindar soluciones a problemas reales en la industria. De acuerdo con el artículo, las empresas manufactureras son responsables de un tercio del consumo de energía y del 36% de las emisiones globales de Carbono. La creación de estos sistemas (LF) permitirán en el futuro crear empresas que hagan un mejor manejo de los residuos y mitiguen los impactos negativos en el agua y el aire. Los resultados de la investigación arrojaron que en Pilani la generación de energía es mucho mayor debido a la alta insolación del área. También se evidencio que el tiempo de recuperación de los gases de efecto invernadero es de 4,8 años y que con un panel de 200 Wp se podría satisfacer plenamente los requisitos de la fábrica de aprendizaje, lo cual ayudaría a reducir los impactos del calentamiento global.

La desventaja de la energía solar es que su eficiencia energética mediante tecnología fotovoltaica es menor en comparación de la eólica o termo solar, además necesita de terrenos mucho más extensos que las mencionadas anteriormente. Sin embargo, una de sus ventajas es que no es intermitente como el viento, lo que hace que sus instalaciones sean imprescindibles en zonas donde no se registran líneas de distribución (Perales Benito, 2012).

### **2.3. Energía Eólica.**

La energía eólica es utilizada principalmente para la producción de electricidad, consiste básicamente en el movimiento de las palas de un aerogenerador, los cuales transforman la energía cinética del flujo del viento en energía eléctrica (Escobedo G.G. & Andrade M.A., 2018). La energía eólica es considerada una de las mejores alternativas para la sustitución de combustibles fósiles, ya que no emite CO<sub>2</sub> ni produce ningún tipo de contaminación ambiental. Tampoco produce alteraciones en los recursos hídricos y el suelo, pues no deja

residuos o contaminantes (Elías Castells, 2000).

**Figura 2. Parque eólico**



Fuente: (Escobedo G.G. & Andrade M.A., 2018)

A nivel mundial, China es considerado el mayor productor de energía eólica con cifras de 138.060 MW en el 2015, seguido de Estados Unidos y la India con producciones de 71.000 MW y 25.219 MW respectivamente (Escobedo G.G. & Andrade M.A., 2018). España es uno de los mayores productores de electricidad en Europa mediante el aprovechamiento del viento, a través de la instalación de parques eólicos ubicados en ciudades como Navarra y La Rioja (Elías Castells, 2000). Una de las limitantes de la producción de energía eléctrica por medio de la energía eólica, es la utilización necesaria de máquinas de gran tamaño, lo cual requiere de una distribución amplia de los aerogeneradores (Escobedo G.G. & Andrade M.A., 2018). Sin duda esto modifica la estética del paisaje y representa un peligro para las aves que migran a otras regiones.

En la Latinoamérica la energía eólica ha tenido poca presencia, sin embargo, algunos países ya están haciendo uso de esta fuente para la generación de electricidad. Uruguay con más del 22% en 2015, es uno de los países con mayor porcentaje de participación en la creación de electricidad a través de este tipo de energía no convencional (Washburn & Pablo-Romero, 2019). Brasil es un país rico en energías renovables, por lo cual no se ha quedado atrás en el aprovechamiento de este recurso, el país generó 163.92 GW a finales de 2017 de los cuales el 7% fue mediante energía eólica. Otros países como Colombia, Chile y Argentina cuentan con poca participación, el potencial eólico de estos países es de 39.5, 174 y 167 MW respectivamente (Vega de Kuyper Juan Carlos & Ramírez Morales Santiago, 2014).

#### **2.4. Energía Geotérmica**

Entre la década de los 80s y 90s el desarrollo de la energía geotérmica obtuvo una tasa de crecimiento del 22,5% y en los últimos años se han registrado grandes avances en la utilización de esta fuente potencial de energía (Gupta & Roy, 2008). Este tipo de energía es considerada una fuente económica y competitiva, ya que no requiere ser transportada y en ocasiones es la única fuente de energía local (Escobedo G.G. & Andrade M.A., 2018). Al igual que las energías eólicas y solar, la energía geotérmica es reconocida como una fuente que contribuye en una pequeña porción a la contaminación atmosférica, gracias a que en una central geotermoeléctrica no es necesario emplear combustibles ya que la energía proviene de origen natural (Vega de Kuyper Juan Carlos & Ramírez Morales Santiago, 2014). Por esta y otras razones, es utilizada por 21 países para generar electricidad y además por 58 países más para suplir temas relacionados con la calefacción y

refrigeración de espacio, agrícolas e industriales, tal es el caso de países como Islandia, donde el 50% de la energía primaria proviene de la energía geotérmica (Gupta & Roy, 2008).

Se estima que para el 2050 las plantas geotérmicas podrían proveer entre el 2 y el 3% de la electricidad a nivel global, además, como se mencionó en el epígrafe anterior, la energía geotérmica es una alternativa baja en carbono y su no intermitencia le da una ventaja con respecto a las demás energías (van der Zwaan & Dalla Longa, 2019). Por esta y otras razones, esta fuente sostenible es una de las mejores opciones para remplazar otras formas convencionales de energía, en especial los combustibles fósiles.

la explotación de la geotermia depende de la ubicación, sus yacimientos por lo general se ubican en zonas con alta actividad volcánica, por lo que algunos países latinoamericanos tienen un alto potencial en energía geotérmica. México presenta la mayor capacidad potencial con un total de 13.110 MW, de hecho, México es el tercer productor de energía geotermoeléctrica en el mundo, superado solo por Estados Unidos y Filipinas. Actualmente Argentina cuenta con una planta, la cual está fuera de servicio y en países como Colombia y Chile ha habido proyectos de exploración y producción de recursos geotérmicos sin éxito alguno (Vega de Kuyper Juan Carlos & Ramírez Morales Santiago, 2014).

## **2.5. Energía Biomasa**

En las últimas décadas, las confrontaciones geopolíticas entre las potencias mundiales han sido por el poderío de los recursos naturales, en especial el petróleo. Este recurso no renovable es de vital importancia para el crecimiento de los países industrializados y las economías asiáticas y latinoamericanas. Sin embargo, esta competitividad económica se ha visto reducida por la escasez de combustibles que están siendo dominados por países productores como Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, Irán, Irak, entre otros (López, 2008).

Como solución al constante uso de hidrocarburos y el alza del petróleo, Estados Unidos en compañía de algunos países europeos han promovido la utilización de combustible biológico para reducir los efectos negativos que tienen los combustibles convencionales sobre el medio ambiente. Las energías alternativas no son un tema nuevo, de hecho, en el siglo XIX ya se desarrollaban este tipo de fuentes energéticas (Salinas & Gasca, 2009). Ese potencial de los biocombustibles es lo que ha llevado a diferentes países en desarrollo a aprovechar eficientemente las biomasa. Los principales cultivos vegetales en la producción de biocombustible son la caña de azúcar, utilizada para la producción de etanol, como también el maíz popular en el medio-oeste norteamericano. Por esto y muchas razones más, la producción de combustible a partir de biomasa es la mejor opción para sustituir los combustibles fósiles líquidos (Eduardo, Young, & Steffen, 2008).

### **2.5.1. Tipos y procesos de biocombustible**

Los biocombustibles pueden ser líquidos o gaseosos generados a partir de biomasa, los primeros son utilizados usualmente en el sector del transporte, mientras que con los gaseosos se produce calor y energía (Sikarwar, Zhao, Fennell, Shah, & Anthony, 2017). Como se mencionó anteriormente, el etanol es un tipo de biocombustible líquido obtenido a partir de desechos orgánicos. El biodiesel es también otro tipo de combustible orgánico, producido a partir de aceites vegetales o grasas animales, su producción se realiza mediante la aplicación de tecnologías: micro-emulsión, pirolisis, dilución y transesterificación, siendo la última la más utilizada debido a su bajo costo de aplicación (Tovar, Tejada, Ortiz, & Rodríguez, 2013).

Con relación al bioetanol, su proceso es similar al de la cerveza cuando es de primera generación y su materia

prima varía desde cereales (maíz, trigo, cebada) hasta sacarosa (remolacha, caña de azúcar, etc.). Entre las tecnologías más utilizadas para su producción se destacan la fermentación, digestión y anaeróbica (Salinas & Gasca, 2009).

### 2.5.2. Producción de biocombustible

La producción de biocombustible ha sido un tema al que se le ha dado mucha importancia en el siglo XXI, estos se presentan como la mejor alternativa para disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> y generar energía de forma eficiente a través de biomásas (Moioli et al., 2018). Durante la segunda guerra mundial, Suecia era de los pocos países que producía biocombustible a través de la gasificación para el funcionamiento de los automóviles; ya entra la década de los 70 y 80 muchas empresas de todo el mundo empezaron a construir plantas de gasificación para la generación de calor y energía a través de biomasa como la madera (Sikarwar et al., 2017).

Sin embargo, para el año 2001 la participación del biocombustible en la Unión Europea era muy baja, solo 5 de los Estados miembros tenían relación directa con el uso de biocombustible, lo que representaba un 0,3% (Commission Of The European Communities, 2007).

Países como Estados Unidos, Brasil, China y Canadá, están dentro de los principales productores a nivel global de biocombustible principalmente Etanol. Por otra parte, el biodiesel ha tenido un crecimiento mucho mayor que el Etanol desde el 2004 con producciones de hasta 12.000 millones de litros, siendo la UE la más responsable con aproximadamente dos tercios de participación. Por parte de Latinoamérica, Brasil, Argentina y Colombia producen la mayor cantidad de biocombustibles líquidos (Burrett, Dixon, Eckhart, Hales, & Klokelesch, 2009). Actualmente, las algas son la principal fuente de producción de biocombustible, debido a que contienen un 80% de contenido energético del petróleo (Khan et al., 2017).

**Tabla 2. Emisiones de diferentes contaminantes por fuentes energéticas**

Fuente	CO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	PSS	CO	HC	D. nucl.	Total
Carbón	1058	3	3	1,6	0,3	0,1	No	1066
Gas natural	824	0,25	0,34	1,18	Trazas	Trazas	No	825,8
Nuclear	8,6	0,034	0,029	0,003	0,018	0,001	3,64	12,3
Fotovoltaico	5,9	0,008	0,023	0,017	0,003	0,002	No	5,9
Biomasa	0	0,614	0,154	0,512	11,361	0,768	No	13,4
Geotérmico	56,8	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	No	56,8
Eólico	7,4	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	No	7,4
Solar térmico	3,6	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	No	3,6
Hidroeléctrico	6,6	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	No	6,6

PSS = Partículas sólidas en suspensión; HC = hidrocarburos; D. Nucl. = Desechos nucleares.

Fuente: (González Velasco, 2009)

En la tabla anterior se aprecia los diferentes tipos de energías renovables mencionadas anteriormente y algunas provenientes de combustibles fósiles. En este caso, la geotérmica emite mayor CO<sub>2</sub> que las demás energías renovables; sin embargo, su emisión sigue siendo mucho menor en comparación de las fuentes convencionales.

### 3. ENERGÍAS EN COLOMBIA

Colombia en relación con las fuentes alternativas a los hidrocarburos debe de tener una estrategia energética. Es indispensable aplicar el principio de sostenibilidad ambiental, consagrado en el artículo 80 de la Constitución Nacional, la cual establece que se debe invertir parte de las ganancias del petróleo y el carbón en el desarrollo de fuentes renovables, principalmente en proyectos como las plantas de gasificación y licuación del carbón. Se está promoviendo en Colombia un proyecto parecido al de Axens de tecnología para licuar el carbón (López, 2009).

Para el año 2030, de acuerdo con una investigación de la Universidad Jorge Tadeo Lozano y la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), plantean que Colombia debe consumir un 30 % de energía limpia y un 70 % de fuentes comunes. El 23 de marzo de 2018 el Ministerio de Minas expidió el Decreto 0570, el cual direcciona proyectos de generación de energía en un futuro. La UPME tiene inscritos 299 proyectos que podrían participar en la subasta promovida a través de este Decreto; de estas iniciativas, 255 son energía solar-fotovoltaica; 18 centrales hidroeléctricas pequeñas; 10 de biomasa; 8 de solar-térmicas; 6 de energía eólica; una(1) a geotérmica y otra a híbrida. Del total de los proyectos Inscritos, solo 215 han recibido certificados de viabilidad, los proyectos aprobados tienen una capacidad estimada de más de 1.240 megavatios, que entrarían a garantizar la confiabilidad en la canasta energética del país.

Un diagnóstico realizado por la empresa Weidmüller resalta el gran potencial con el que cuenta el país para el desarrollo de plantas solares de gran escala gracias a la radiación solar (30% más) por la ubicación geográfica, y que actualmente solo cuenta con un proyecto tangible, la Granja Solar Yumbo que inyectará a la matriz energética 16,5 GW de energía al año. (Suarez, 2018).

Para reducir las emisiones contaminantes que generan las centrales eléctricas se debe generar energía de fuentes no convencionales al sistema eléctrico de Colombia ya que trae beneficios en la prestación del servicio, empleando recursos naturales y contribuyendo al medio ambiente (Perdomo, 2017).

El World Economic Forum (Foro Económico Mundial) desarrolló el índice de desempeño de la arquitectura energética (EAPI), es un índice compuesto que mide el rendimiento del sistema energético de 124 países y se compone a través de 18 indicadores, estos asociados a 3 subíndices como crecimiento y desarrollo económico, Sostenibilidad del medio ambiente y acceso a la energía y la seguridad. Costa Rica y Colombia son los países de renta media-alta ya que en el 2014 clasificaron en el top 10 del índice. El primero, en particular por la transformación de su sector de petróleo y gas, cuya producción ha crecido por el éxito de la inversión y sin duda afectado positivamente el desempeño nacional en materia de seguridad energética y crecimiento económico (Ahumada,2015).

De acuerdo con la Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia las cantidades de toneladas de biomasa resultantes de la actividad agroindustrial, especialmente de la azucarera, la arrocerera y la palmera, tienen enormes posibilidades en desarrollarse como fuente renovable en Colombia. Aunque también es importante en la producción de energía eléctrica por combustión o por gasificación, que posibilitan obtener potencias que van de 1 a 50 MW, la biomasa se utiliza hoy en lo fundamental para generar calor (Ahumada, 2015).

En el año 2016 el Valle del Cauca generó ingresos de aproximadamente \$ 7,5 billones a través de iniciativas de bioenergía. En Colombia la energía hidráulica lidera la generación, seguida de la energía térmica, luego la cogeneración con el bagazo de caña y seguido la energía eólica y solar. En lo referente a la cogeneración el más utilizado para la producción es el bagazo, el carbón y el gas (Dinero, 2018).

Un gran potencial de Colombia es la biomasa por la cantidad de residuos agrícolas y forestales. Según la UPME

se estima que el país tiene una capacidad energética de 12,000 MWh/año empleando la pulpa de la palma de aceite, la cascarilla de arroz y el bagazo de Caña, entre otros. Por las condiciones geográficas Colombia se favorece en el desarrollo agropecuario y se posiciona en este sector como una fuente de biomasa residual (Robles & Rodríguez, 2018).

La gasificación de la cascara de arroz tiene múltiples alternativas de aprovechamiento como en quemadores de calderas para la producción de energía térmica (Sierra, 2009).

El sector palmero de Colombia tiene la capacidad de generación de 75 y 160 Kwh/Trff; solo un mínimo porcentaje aprovecha los residuos para la cogeneración de energía. Hace poco se aprobó un proyecto denominado proyecto sectorial sombrilla MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio) de la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma) para la captura de metano y cogeneración de energía, considerándose el proyecto más grande del mundo en su primera etapa (Bochno, 2011).

Para asegurar el crecimiento de la industria, el desarrollo social y la preservación del medio ambiente, Colombia debe independizarse de los combustibles fósiles, para poder tener un sistema energético propio. En el mundo la implementación de políticas y de producción de biocombustibles representa un importante porcentaje de crecimiento sobre todo en los países que dependen de combustibles fósiles (Delgado& Salgado, 2015).

El Banco Mundial en 2010 señaló que la dinámica de la disponibilidad de energía eólica en Colombia es complementaria a la del régimen de energía hidroeléctrica. Significa que, durante las estaciones secas, Colombia presenta las velocidades máximas del viento. Según el informe, la velocidad del viento alcanza 9 m / s [32 km / h] a una altura de 50 m (Dudhia et al., 2004), generando posibilidades para la explotación de la energía eólica (ESMAP, 2010). Colombia tiene un potencial eólico de 18 GW solo en la Zonas terrestres de Guajira, con capacidad para atender el doble de la demanda energética nacional (Pérez Bedoya y Osorio, 2002). El mapa de velocidad media anual del viento a nivel de superficie en Colombia fue actualizado recientemente, donde es posible identificar velocidades sobre 15 m / s cerca de las áreas costeras y costa afuera de la región del Caribe (Rueda & Guzmán, 2019).

### **3.1 Casos de Éxito de Energía renovable en Colombia.**

#### **3.1.1. Comestibles Ítalo y su éxito con la energía solar:**

Comestibles Ítalo, empresa productora de confitería, realizó un proyecto de energía solar fotovoltaico con 1.080 paneles solares con capacidad para generar 490 MWh de energía al año, con el cual cubren parte del techo de la fábrica ubicada en Bogotá. La misión de este proyecto es remplazar el 13% del consumo anual de energía de la empresa, donde se podrían ahorrar alrededor de 150 millones de pesos al año. La innovación de estos paneles solares permite vender un producto que se hace con energía limpia, y trae beneficios como ahorros en la factura de energía, y reducción en las emisiones de Co2, contribuyendo así a la sostenibilidad del medio ambiente (Enel X,2018).

#### **3.1.2. Energía solar en la Universidad Autónoma de Occidente:**

La Universidad Autónoma de Occidente le apuesta a un proyecto de energía solar que pretende suplir el 5 % de

la energía para el funcionamiento del campus. Es un proyecto de energía fotovoltaica del Grupo de Investigación de Energías – GIEN –en alianza con la empresa de energía Epsa, cuenta con 638 paneles solares en las diferentes zonas del campus. La universidad es una de las pioneras en la investigación en el uso de esta tecnología (Universidad Autónoma, 2015).

### **3.1.3 Epsa pasa del Carbon al sol:**

La empresa Epsa, filial de Celsia transformará la antigua planta termoeléctrica en el Municipio de Yumbo, la cual generaba energía a partir del carbón, transformándola en una granja solar de 18 hectáreas. En la zona industrial más grande del Valle del Cauca, esta empresa le apostó a dejar de lado los combustibles fósiles para favorecer la energía limpia. Celsia encontró que la energía solar era una opción más económica, apostándole a los proyectos energéticos con fuentes de agua y fuentes térmicas.

### **3.1.4 La caña de Azúcar en los llanos:**

Bioenergy es la planta de producción de biocombustibles más grande del país. Es una filial de Ecopetrol, la cual destino 14.000 hectáreas para cultivar caña de azúcar y transformarla en etanol carburante, un biocombustible. Esta empresa por estar localizada en Puerto López, le presentó a la región un nuevo proyecto productivo en medio de la crisis que dejó la menor extracción petrolera en la zona.

## **4. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, EN CONTRASTE CON LA ECONOMÍA CIRCULAR.**

A medida que la industria tomaba fuerza en el siglo XVIII, también lo hacía el impacto negativo hacia el medio ambiente que aumentaba a través de la contaminación del aire, contaminación del suelo, despilfarro de recursos naturales, entre otras afectaciones ambientales. Estos factores comenzaron a perjudicar la salud de los colaboradores en la industria, y fue hasta entonces que los aspectos ambientales dejaron de pasar desapercibidos. El concepto de producción más limpia se originó en los países industrializados durante la década de los 90, como un complemento a las técnicas finales del proceso de producción. Este consta de aplicar estrategias ambientales preventivas a procesos, productos y/o servicios para aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y también el medio ambiente. Es por esto por lo que la producción más limpia se relaciona estrechamente con el concepto de economía circular; que es una estrategia de desarrollo sostenible (Cabello-Eras J. J., 2016). En los últimos años es posible apreciar avanzados progresos en materia de energías limpias o renovables. No obstante, aún se sigue siendo altamente dependiente de las energías fósiles. (Martínez, A. N., & Porcelli, A. M., 2019)

La economía circular se establece por las siguientes características:

- a) los residuos se erradican del diseño,
- b) la energía necesaria para incentivar la economía circular debe ser renovable, para reducir la dependencia de los recursos naturales,
- c) pensar en sistemas, en donde las distintas partes están vinculadas entre sí,
- d) los precios u otros mecanismos de retroalimentación deben reflejar los costos reales, debido a que estos actúan como mensajes,
- e) reemplazo del concepto de consumidor por el de usuario.

En una economía circular se destaca que los consumidores adquieren los productos como unos usuarios, en

lugar de ser propietarios. Esto permite que las organizaciones ofrezcan sus servicios, sus productos que, una vez cumplida su función, son retirados por la misma empresa para ser nuevamente parte del ciclo de producción y así reducir los desperdicios y desechos. Por otro lado, las nuevas tecnologías de la información y la comunicación dan lugar a modelos de uso cooperativo o las redes de colaboración y uso compartido que generan más interacción entre los usuarios, vendedores y productores. A diferencia de la economía lineal que se enfoca en comprar y consumir, los productos duraderos son arrendados, alquilados o compartidos siempre y cuando sea posible (Martínez A. N., & A. M., (2018).

Como se ha mencionado, la economía circular propone un cambio en los sistemas de producción y consumo, fortalece el desarrollo socioeconómico a escala local por medio de la cohesión social e integración que se refleja en la creación de puestos de trabajo, adicionalmente, reduce los daños irreversibles en el clima, la biodiversidad y la salud humana producidos por la generación de residuos y las emisiones de gases contaminantes (Gonzales, M. & Yuliana A., 2018). Se evidencia entonces que un modelo de economía circular adapta una producción más limpia, ambas estrategias con el objetivo de generar utilidades de manera responsable y sostenible.

Por otra parte, las economías no sustentables están presentando pérdidas según Perez (2013), de 1 a 4 puntos porcentuales del PIB potencial debido al cambio climático. José Luis Samaniego, director de la división de desarrollo sostenible y asentamientos humanos de la CEPAL, afirma que el crecimiento verde (de carácter económico), más allá de asegurar ganancias en el PIB, repercute en la competitividad del país que lo promueve y el bienestar de las personas (Chacin, N., Carlos, J., & Abreu Quintero, Y. J., 2015). El crecimiento verde según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), se define como: “el crecimiento económico acompañado de la protección ambiental que tiene como resultado una mejora en la calidad de vida de las personas”. Esta condición en un segundo plano mejora la disposición productividad y salud de los trabajadores en una organización encaminada a la sostenibilidad propia y del medio ambiente, lo cual, trae consigo beneficios económicos.

Adaptar una producción más limpia se convierte en una decisión futurista, puesto que en un principio puede tener inmersa a una organización en gastos adicionales que, en a través del tiempo serán convertidos en utilidades. Esto convierte a una compañía, en una organización sustentable y sostenible en el tiempo. Según Ede Jorge Ijjasz-Vasquez (2011), director del departamento de desarrollo sostenible de la región de Latinoamérica y el Caribe del Banco Mundial, el crecimiento verde aumenta la competitividad de los países que lo implementan porque: son eficientes en el uso de materias primas, están mejor preparados para los desastres naturales y cuando, en el futuro, la huella de carbono se convierta en moneda de cambio, económicamente serán más atractivos para la inversión, por esto la paciencia y el pensamiento futurista y de sustentabilidad es fundamental para realizar este gasto que traerá beneficios a futuro, no sólo ambientales, sino también económicos (Chacin, N., Carlos, J., & Abreu Quintero, Y. J., 2015).

## 5. CONCLUSIONES

En el presente documento se analiza la importancia de las energías renovables y se pone en evidencia la necesidad de ampliar la producción y el avance energético mediante energías limpias. Consolidar a nivel mundial un mercado de electricidad competitivo y dominado por energías renovables, para que, de esta forma se empiece a reducir los efectos generados por las energías tradicionales utilizadas desde el siglo XIX. Los casos mencionados han demostrado que es posible generar grandes cantidades de GW/h para abastecer pueblos y ciudades aprovechando fuentes de energía limpia. Para esto, es necesario seguir expandiendo por todo el mundo el uso de tecnologías como la solar fotovoltaica, la cual está presente en China, Japón, Alemania y Estados Unidos; Por otro lado, eliminar las barreras económicas, comerciales e institucionales que impiden el crecimiento progresivo de estas energías.

A nivel nacional, la normatividad en Colombia tiene un espacio adecuado para liderar procesos de investigación con el objetivo de generar alternativas a los problemas ambientales de manera preventiva. Colombia posee millones de tierras que sirven para el cultivo de la palma de aceite y la caña de azúcar, lo que permite producir más biocombustibles y así contribuir al avance agrícola y al avance tecnológico del sector. Producir limpiamente, no es una elección para el país, es un desarrollo que va llegando por las propias fuerzas del mercado como consecuencia de la globalización.

Las economías no sustentables están presentando pérdidas de 1 a 4 puntos porcentuales del PIB potencial debido al cambio climático. Es en este beneficio económico donde las organizaciones pueden revisar si optan por la implementación de métodos que les permitan ejercer una producción más limpia. En una producción con estas características según la revisión realizada se destaca la implementación de energías renovables. Se aprecian conceptos que son relevantes a lo largo de la investigación como lo son: crecimiento verde y economía circular. Estas estrategias permiten evidenciar que invertir en energías renovables, y en otras fuentes o metodologías que cuiden del medio ambiente generan paralelamente sustentabilidad para la organización.

## 6. RECOMENDACIONES EN COLOMBIA

- Las empresas colombianas deben seguir presentando propuestas para participar en proyectos de generación y comercialización de energías renovables como en energía solar, eólica y de biomasa, con el fin de diversificar y aumentar la oferta eléctrica.
- Con un alto porcentaje la energía eléctrica que produce Colombia es de fuentes hídricas, seguido de gas, carbón y solo un pequeño porcentaje de fuentes renovables, entonces aquí es donde el País debe apuntarle y ser pionero en esta fuente, contribuyendo así al medio ambiente.
- Para los empresarios los estímulos económicos no son suficientes, contrario a lo que piensa en Gobierno Nacional que ya todas las condiciones están dadas, ya que puede generarse una revolución en este campo, y podría retrasar el proceso de avance que ha tomado Colombia.
- Se recomienda que para la presentación de proyectos de energía renovable el trámite para el otorgamiento de licencias ambientales sea más ágil ya que está siendo un cuello de botella, porque se solicita mucha información y documentación.
- El Gobierno Nacional debería otorgar subsidios con la instalación de paneles solares a los proyectos de vivienda o mejoramiento de vivienda que sean presentados para estratos de menores recursos.

- El país ya ha dado sus primeros pasos de avance para promover las energías renovables, Pero no se puede quedar estancado ahora, ya que muchas empresas tienen la intención de implementar energías renovables no convencionales solo por evitar los precios de la energía eléctrica.

## 7. REFERENCIAS

- Benavides Jairo(2011).Observatorio de Energía Renovable para América Latina y el Caribe Retrieved from[https://www.renenergyobservatory.org/uploads/media/Anexo\\_22.\\_Estudio.Retos\\_y\\_Oportunidades.Colombia.pdf](https://www.renenergyobservatory.org/uploads/media/Anexo_22._Estudio.Retos_y_Oportunidades.Colombia.pdf)
- Burrett, R., Dixon, R., Eckhart, M., Hales, D., & Kloke-lesch, A. (2009). Renewable Energy Policy Network for the 21st Century REN21 Steering Committee.
- Caraballo M. Ángeles (2016.) Energías renovables y desarrollo económico. Un análisis para España y las grandes economías europeas. Retrieved from [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-718X2017000300571](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-718X2017000300571)
- Chacin, N., Carlos, J., & Abreu Quintero, Y. J. (2015). Logística Verde y Economía Circular Green Logistics and Circular Economics. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 10(3), 80-91.
- Commission Of The European Communities. (2007). Communication From the Commission to the Council and the European Parliament - Biofuels Progress Report. Report on the progress made in the use of biofuels and other renewable fuels in the Member States of the European Union. Com2006845, COM(2006)(2006), 1–16. Retrieved from [http://ec.europa.eu/energy/energy\\_policy/doc/07\\_biofuels\\_progress\\_report\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/07_biofuels_progress_report_en.pdf)
- Díaz Velilla, J. P. (2015). Sistemas de energías renovables. Paraninfo.
- Eduardo, C., Young, F., & Steffen, P. G. (2008). Biocombustibles como estrategia de desarrollo. Polis.
- Elías Castells, X. (2000). Energías renovables. Ediciones Díaz de Santos.
- Enel X (2018). Comestibles Ítalo, un caso de éxito en energía solar. Retrieved from <https://blogempresasenelx.enelcol.com.co/energia-solar/italo-energia-solar/>
- Escobedo G.G., & Andrade M.A. (2018). Alfaomega CLOUD - Desarrollo Sustentable - Estrategia en las... Retrieved from <https://usc.elogim.com:2717/reader/desarrollo-sustentable-estrategia-en-las-empresas-para-un-futuro-mejor?location=208>
- González Velasco, J. (2009). Energías renovables. Reverté.
- González, M., & Yuliana, A. (2018). Economía circular crecimiento inteligente, sostenible e integrador.
- Gupta, H., & Roy, S. (2008). the Energy Outlook. *Geothermal Energy*, 2, 1–13. <https://doi.org/10.1016/b978-044452875-9/50001-0>
- Jenniches, S. (2018). Assessing the regional economic impacts of renewable energy sources - A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93(May), 35–51. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.008>
- Jeswani, H. K., Whiting, A., Martin, A., & Azapagic, A. (2019). Environmental and economic sustainability of poultry litter gasification for electricity and heat generation. *Waste Management*, 95, 182–191. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.05.053>
- Juana, J. M. de. (2003). Energias renovables para el desarrollo. Paraninfo.
- Khan, S., Siddique, R., Sajjad, W., Nabi, G., Hayat, K. M., Duan, P., & Yao, L. (2017). Biodiesel Production From Algae to Overcome the Energy Crisis. *HAYATI Journal of Biosciences*, 24(4), 163–167. <https://doi.org/10.1016/j.hjb.2017.10.003>
- López, J. (2008). Geopolítica del petróleo y crisis mundial. *Dyna*, 75(156). Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49612071001>
- Martínez, A. N., & Porcelli, A. M. (2018). el desafío del cambio económico: la economía circular y su excepción en las diferentes legislaciones y en la normativa voluntaria. pensar en DERECHO N°13, 129.
- Martínez, A. N., & Porcelli, A. M. (2019). Estudio sobre la economía circular como una alternativa sustentable frente al ocaso de la economía tradicional (segunda parte). *Lex: Revista de la Facultad de Derecho y*

Ciencia Política de la Universidad Alas Peruanas, 17(23), 257-296.

- Moioli, E., Salvati, F., Chiesa, M., Siecha, R. T., Manenti, F., Laio, F., & Rulli, M. C. (2018). Analysis of the current world biofuel production under a water–food–energy nexus perspective. *Advances in Water Resources*, 121(July), 22–31. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2018.07.007>
- Perales Benito, T. (2012). *EL UNIVERSO DE LAS ENERGIAS RENOVABLES*. MARCOMBO.
- Pérez Botero Valentina (2013). ¿Qué es el crecimiento verde? / 15 enero, 2013. <http://revolucionrespuntocero.com/que-es-el-crecimiento-verde/>.
- Recalde, M. Y., Bouille, D. H., & Girardin, L. O. (2015). Limitaciones para el desarrollo de energías renovables en argentina. *Problemas Del Desarrollo*, 46(183), 89–115. <https://doi.org/10.1016/j.rpd.2015.10.005>
- Roldán Viloría, J., & Toledano Gasca, J. C. (2013a). Energías renovables : lo que hay que saber. *Parainfo*.
- Roldán Viloría, J., & Toledano Gasca, J. C. (2013b). Energías renovables : lo que hay que saber. *Parainfo*.
- Rosas Luna, M. A., Fontes Cunha, F. B., De Miranda Mousinho, M. C. A., & Torres, E. A. (2019). Solar Photovoltaic Distributed Generation in Brazil: The Case of Resolution 482/2012. *Energy Procedia*, 159, 484–490. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.12.036>
- Salinas, E. callejas, & Gasca, V. Q. (2009). Los biocombustibles. *El Cotidiano*, (157), 75–82. Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/325/32512739009/>
- Sangwan, K. S., Herrmann, C., Soni, M. S., Jakhar, S., Posselt, G., Sihag, N., & Bhakar, V. (2018). Comparative Analysis for Solar Energy Based Learning Factory: Case Study for TU Braunschweig and BITS Pilani. *Procedia CIRP*, 69(May), 407–411. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.018>
- Sikarwar, V. S., Zhao, M., Fennell, P. S., Shah, N., & Anthony, E. J. (2017). Progress in biofuel production from gasification. *Progress in Energy and Combustion Science*, 61, 189–248. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2017.04.001>
- Tovar, C. T., Tejada, L. T., Ortiz, Á. V., & Rodríguez, L. M. (2013). Obtención de biodiesel a partir de tipos de grasa residual de origen animal. (36), 10–25.
- Universidad Autónoma de Occidente (2015). Apuesta a la energía solar. Retrieved from <http://www.laguiasolar.com/universidad-autonoma-de-occidente-energia-solar-en-colombia/>
- van der Zwaan, B., & Dalla Longa, F. (2019). Integrated assessment projections for global geothermal energy use. *Geothermics*, 82(June), 203–211. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2019.06.008>
- Vega de Kuyper Juan Carlos, & Ramírez Morales Santiago. (2014). Alfaomega CLOUD - Fuentes de energía, renovables y no renovables -... Retrieved from <https://usc.elogim.com:2717/reader/fuentes-de-energia-renovables-y-no-renovables-aplicaciones?location=240>
- Washburn, C., & Pablo-Romero, M. (2019). Measures to promote renewable energies for electricity generation in Latin American countries. *Energy Policy*, 128(January), 212–222. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.059>