

**POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA RESIDUAL AGRÍCOLA EN
COLOMBIA**

XANDO FELIPE GALAN RIVEROS

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2016**

**POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA RESIDUAL AGRÍCOLA EN
COLOMBIA**

XANDO FELIPE GALAN RIVEROS

**Monografía para optar por el título de Especialista en
Gestión Ambiental**

**Orientador:
JIMMY EDGARD ALVAREZ DIAZ
Biólogo**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2016**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director de la Especialización

Firma del Calificador

Bogotá, D.C., Octubre de 2016

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos.

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García Peña

Decano Facultad de Educación Permanente y Avanzada

Dr. Luis Fernando Romero Suárez

Director Especialización en Gestión Ambiental

Dr. Francisco Archer Narváez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

A mis padres, hermanos y Bibi
con todo mi amor, esfuerzo y dedicación

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por su apoyo incondicional.

A Bibi por su paciencia y apoyo en todos los momentos.

A Jimmy Álvarez, asesor y director del trabajo de grado, por su orientación y motivación para el desarrollo y terminación de este importante proceso, mediante sus conocimientos y experiencias.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	14
OBJETIVOS	15
1.MARCO TEORICO - GENERALIDADES DE LA BIOMASA	16
1.1 ENERGÍA	16
1.2 ENERGÍAS CONVENCIONALES	16
1.3 ENERGÍAS NO CONVENCIONALES	16
1.4 BIOMASA	17
1.5 FUENTES DE LA BIOMASA	18
1.6 TECNOLOGÍAS DE TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA	19
1.7 APLICACIONES DE LA BIOMASA	21
1.8 SITUACIÓN ACTUAL DEL USO DE LA BIOMASA EN EL MUNDO	22
2. PRÓPOSITOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA BIOMASA EN COLOMBIA	24
2.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA BIOMASA EN COLOMBIA	24
2.2 NORMATIVA APLICADA A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA BIOMASA EN COLOMBIA	25
2.2.1 Antecedentes de la aplicación de la biomasa en Colombia	25
2.2.1.1 Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia	25
2.2.1.2 Ley 1715 de 2014 por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional	35
2.3 ESTUDIO DE CASO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA BIOMASA EN COLOMBIA	36
2.4 ANÁLISIS DE LA OBTENCIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA	37
2.4.1 Biocombustibles Sólidos	37
2.4.2 Biocombustibles Líquidos	38
2.4.3 Biocombustibles Gaseosos	38
2.5 SITUACIÓN ACTUAL DEL USO DE LA BIOMASA EN COLOMBIA	39
3.BENEFICIOS SOCIOAMBIENTALES DE LA BIOMASA EN COLOMBIA	41
3.1 RELACIÓN ENTRE EL PROPÓSITO DE LA IMPLEMENTACIÓN Y LA APLICACIÓN DE LA BIOMASA EN COLOMBIA	41
3.2 BENEFICIOS SOCIOAMBIENTALES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA BIOMASA EN COLOMBIA	49
4.CONCLUSIONES	52
5.RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFIA	54
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA	56

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Ventajas y Desventajas implementación de la biomasa en Colombia	24
Cuadro 2. Propósitos de la implementación y aplicación de la biomasa en Colombia	41
Cuadro 3. Estudio de las fortalezas y debilidades de la implementación de la biomasa en Colombia	50

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Gráfica 1. Fuentes generadoras de biomasa residual en Colombia	19
Gráfica 2. Tecnologías de transformación de la biomasa	20
Gráfica 3. Generación mundial de bio-energía	23

LISTA DE MAPAS

	pág.
Mapa 1. Rangos de potencial de la biomasa en Colombia	17
Mapa 2. Zonas de producción de los cultivos y potencial energético de arroz en Colombia	26
Mapa 3. Zonas de producción de los cultivos y potencial energético de Maíz en Colombia	28
Mapa 4. Zonas de producción de los cultivos y potencial energético de banano en Colombia	30
Mapa 5. Zonas de producción de los cultivos y potencial energético de cultivos de café en Colombia	31
Mapa 6. Zonas de producción de los cultivos y potencial energético de caña de azúcar en Colombia	32
Mapa 7. Zonas de producción de los cultivos y potencial energético de caña de panela en Colombia	33
Mapa 8. Zonas de producción de los cultivos y potencial energético de palma de aceite en Colombia	34
Mapa 9. Zonas de producción de los cultivos y potencial energético de plátano en Colombia	35

RESUMEN

La biomasa residual agrícola es una opción atractiva para la producción de energía eléctrica para el país. El proceso de transformación de los residuos agrícolas en forma de energía requiere de inversiones de tecnologías nuevas para algunos sectores en Colombia, pero gracias a la ley 1715 de 2014 mediante el cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional, la biomasa ha dado un salto de calidad grande. Gracias a esto, numerosas empresas del sector de caña de azúcar han optado por el aprovechamiento de sus residuos generando una forma limpia energía para su abastecimiento y posterior distribución a la red nacional.

Palabras claves: Biomasa, Biomasa residual agrícola, Energía, Energías renovables.

GLOSARIO

AUTOABASTECIMIENTO: actividad realizada con el fin de producir energía eléctrica propia que ayude a cubrir sus propias necesidades dependiendo únicamente de la persona natural o jurídica que lo realiza.

BIOMASA: consiste en la degradación natural o residual de cualquier tipo de materia orgánica

BIOMASA NATURAL: leña procedente de árboles que crecen sin ser cultivados

BIOMASA RESIDUAL: resultado de la producción de los desechos agrícolas, forestales, ganaderas, industriales y urbanos.

CAMBIO CLIMÁTICO: cambio de clima debido a la actividad humana, altera la composición atmosférica, sus problemas se ven asociados a la inestabilidad del clima observada durante diferentes periodos de tiempo.

COGENERACIÓN: procedimiento mediante el cual se produce de forma simultánea energía eléctrica, mecánica o térmica.

EFECTO INVERNADERO: incremento de la temperatura de la atmósfera que se produce como resultado de la concentración de gases, principalmente dióxido de carbono.

ENERGÍA: capacidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de movimiento, luz, calor, etc.

ENERGÍA RENOVABLE: energía obtenida a partir de las fuentes naturales presentes en el medio ambiente, las cuales son virtualmente inagotables y se regeneran por si solas.

GASES DE EFECTO INVERNADERO: gases dañinos presentes en la atmósfera que inciden en el incremento de la temperatura global.

POTENCIAL ENERGÉTICO: capacidad de generación de energía luego de un proceso de transformación para un residuo agrícola.

ZONAS NO INTERCONECTADAS: municipios, corregimientos, localidades y caseríos que por su distancia no se encuentran conectadas al sistema interconectado nacional (SIN).

INTRODUCCION

El uso de la biomasa en el país ha crecido año tras año, debido a la posibilidad de diversificar la canasta energética del país, minimizando así la dependencia de los combustibles fósiles. La implementación de la biomasa trae consigo muchos beneficios, como el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados por los seres vivos, una fuente inagotable de suministros, y la minimización de emisiones de gases de efecto invernadero, hace de la biomasa una de las energías alternativas más atractivas para el país. De igual forma, el potenciamiento del uso de la biomasa ha sido postergado debido a las grandes cantidades de dinero que se deben invertir para el transporte de los residuos aprovechables y el desarrollo de plantas especializadas para el proceso de transformación de la biomasa.

Gracias a la alta diversidad biológica que posee Colombia, igualmente tiene la posibilidad de utilizar diferentes tipos de residuos agrícolas. A lo largo de la presente monografía se abordarán los ocho cultivos más representativos y que tienen un potencial energético prometedor para el país, como son arroz, plátano, aceite de palma, caña de azúcar, maíz, banano, café y caña de panela.

El enorme potencial que tiene Colombia para el aprovechamiento de los residuos agrícolas hace que la biomasa tenga un panorama alentador en el país, aunque es preocupante la poca cantidad de empresas que han implementado el uso de la biomasa en sus procesos, siendo en este momento el autoabastecimiento la principal motivación de la implementación de la biomasa, especialmente por el sector de caña de azúcar liderado por el ingenio providencia S.A. que ha logrado enviar un excedente de energía producida a la red nacional. Gracias a este exitoso proyecto, diferentes sectores como el aceite de palma han empezado a invertir en numerosos proyectos para el aprovechamiento de sus propios residuos agrícolas, con el fin de poder enviar energía a la red nacional y ayudar a diversificar la canasta energética del país en un futuro próximo, y de esta forma seguir impulsando el uso de la biomasa en el país.

El propósito de este trabajo es plasmar las fortalezas y debilidades que tiene la implementación de la biomasa en el país mediante la evaluación de información obtenida en diferentes fuentes bibliográficas, como libros, documentos técnicos y periódicos, que permitan una aproximación actual de los impactos positivos que trae consigo esta energía renovable en el país y revelando el enorme potencial que tiene el sector agrícola, todo esto con el fin de motivar a los diferentes entes estatales, económicos y académicos para que miren este sector energético alternativo una posibilidad de aprovechamiento de los residuos agrícolas. De forma que, al mismo tiempo, que se soluciona un problema ambiental se generan oportunidades económicas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el potencial energético de la biomasa residual agrícola en Colombia, mediante el análisis de las ventajas y propósitos de la implementación de estudios de caso exitosos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el potencial de las aplicaciones y usos de la biomasa residual agrícola en Colombia, a partir de la recopilación de información secundaria.
- Identificar las ventajas y propósitos de la implementación de la biomasa residual agrícola en Colombia, mediante la inspección del marco normativo vigente y análisis de estudios de caso aplicados a Colombia.
- Establecer la importancia y las ventajas de las aplicaciones de la Biomasa residual agrícola, de acuerdo con los propósitos establecidos en el marco normativo vigente en Colombia.
- Evaluar los beneficios de la implementación de la biomasa residual agrícola, de acuerdo con sus ventajas y los propósitos establecidos en el marco normativo vigente en Colombia.

1. MARCO TEORICO - GENERALIDADES DE LA BIOMASA

1.1 ENERGÍA

Como dice Schallenberg¹, “la energía hace referencia a la habilidad que pueden tener los cuerpos para originar trabajo, como generación de calor, emisión de luz, etc.” Toda la energía que se tiene en el planeta Tierra es de origen solar, sus fuentes de calor y luz son las encargadas de desarrollar las diferentes reacciones químicas que ayudan al desarrollo de los seres vivos y que sirven como material primario para la creación de energía. Esta energía una vez alcanza la superficie del planeta, es transformada químicamente por las plantas a través de la fotosíntesis y en el balance energético de la Tierra, mucha de esta energía se almacena en forma de carbono orgánico garantizando las condiciones para la vida que se piensa es único en el universo.

El hombre aprendió a obtener energía del carbono orgánico almacenado, en forma de carbón o petróleo, sin embargo, no ha logrado controlar adecuadamente los impactos negativos del uso, el principal que se relaciona con el calentamiento global que se incrementa año tras año al tiempo que aumentan las concentraciones de dióxido de carbono emitido a la atmósfera. Este desequilibrio energético que estamos creando debe estabilizarse y una de las formas es volver a los inicios de obtención de energía por la tierra, el cual se refiere al uso de la energía contenida en la biomasa, especialmente de aquella incluida en los residuos agrícolas generados por una industria agropecuaria en continuo desarrollo y crecimiento.

1.2 ENERGÍAS CONVENCIONALES

Consiste en los recursos de energía más utilizados de forma intensiva y comercializada, son la principal fuente de energía del planeta, entre los cuales están: petróleo, gas natural y carbón mineral, etc. Este tipo de energía también se conoce como energías renovables, puesto que cuentan con unas reservas estimadas finitas que pueden agotarse en un futuro muy próximo.

1.3 ENERGÍAS NO CONVENCIONALES

Consiste en los recursos de energía aprovechables a nivel mundial, que son ambientalmente sostenibles, y minimizan la huella de carbono, entre los cuales destacan: biomasa, hidroeléctrica, eólica, geotérmica, solar, nuclear, mareomotriz, etc. Estas energías también son referidas como alternativas o renovables, ya que se obtienen de una fuente inagotable de energía, como es el sol. Además, se

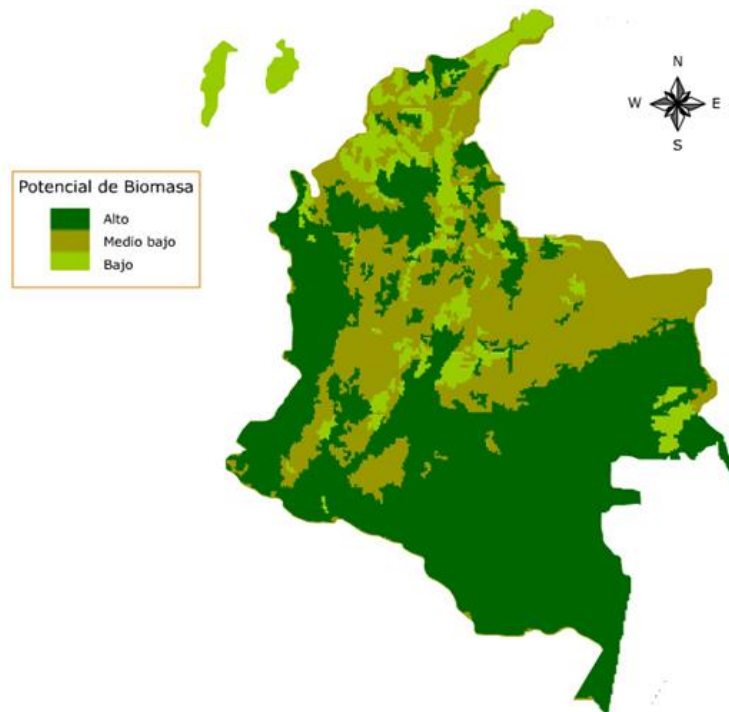
¹ SCHALLENBERG, R., et al. Energías Renovables y Eficiencia Energética. Instituto Tecnológico de Canarias, SA Primera edición. ISBN, 2008, p.14.

consideran energías limpias puesto que directamente no producen dióxido de carbono u otro tipo de gases de efecto invernadero, aunque pueden contener otro tipo de contaminantes que la tecnología actual reemplaza por otros menos contaminantes.

1.4 BIOMASA

Energía obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable, que se basa en la degradación espontánea o inducida de cualquier tipo de materia orgánica que ha tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico y toda materia vegetal originada por el proceso de fotosíntesis, así como por los procesos metabólicos de los organismos heterótrofos, y que no contiene o hayan estado en contacto con trazas de elementos que confieren algún grado de peligrosidad²

Mapa 1. Rangos del potencial de la biomasa en Colombia



Fuente: ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE ENERGÍAS RENOVABLES (ACER). Potencial de biomasa en Colombia [Sitio web]. Disponible en: <http://www.asorenovables.com/energia-de-la-biomasa/>

² COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1715, Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Bogotá, D.C., 2014, p.4.

Gracias a su capacidad de generación, la biomasa como fuente de energía ha obtenido una gran aceptación a nivel mundial, debido sobre todo a la facilidad para encontrar residuos energéticos que contribuyan a la creación energía ya sea biomasa natural o biomasa residual. Aunque para propósitos de cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible con los que el país está comprometido, es necesario dirigir todos los esfuerzos hacia el manejo adecuado de la biomasa residual, con lo cual además de garantizar un suministro energético se soluciona un problema ambiental ocasionado por la mala disposición de estos residuos.

La biomasa es una alternativa atractiva energéticamente hablando debido a que por medio de su conversión se pueden obtener una gran variedad de productos, como biocombustibles sólidos, biocombustibles líquidos y biocombustibles gaseosos, los cuales pueden ser utilizados para abarcar diferentes necesidades energéticas.

Como se puede observar en el mapa 1, en Colombia hay muchas zonas que tienen un gran potencial de biomasa, es decir, estas regiones poseen grandes cantidades de fuentes agrícolas para la generación de Biomasa. Las regiones pacífica, amazónica y Orinoquia por la alta biodiversidad que albergan, tienen un potencial alto para el aprovechamiento de la Biomasa. De igual forma, se puede observar como la región Andina tiene un potencial de Medio a bajo, aunque puede ser aprovechable debido a la generación de residuos urbanos derivados de la mayor población del país que habita grandes centros urbanos. Por último, se tiene que la región Caribe tiene un potencial en su mayoría bajo, debido a que la mayor parte de su economía se basa en el turismo y no generan muchas fuentes significativas para el aprovechamiento de la biomasa.

1.5 FUENTES DE LA BIOMASA

Como fuentes de la biomasa (ver gráfica 1) se pueden observar diferentes sectores que pueden recuperar los residuos para la generación de biomasa. Para el sector agrícola se cuenta con los residuos agrícolas provenientes del corte de la cosecha y los residuos agroindustriales obtenidos luego del procesamiento de los productos agrícolas. Como dice Escalante³, para estas fuentes de Biomasa se pueden destacar dos grandes tipos de cultivos, los cultivos transitorios (Arroz y Maíz) y los cultivos permanentes (Banano, Café, Plátano, Caña de panela, Palma aceite y Caña de azúcar).

³ ESCALANTE Hernández, H., Orduz Prada, J., Zapata Lesmes, H. J., Cardona Ruiz, M. C., Duarte Ortega, M. Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia. Bucaramanga: Ministerio de Minas y Energía. 2007 p.30.

Gráfica 1. Fuentes generadoras de biomasa residual en Colombia



Fuente: ESCALANTE HERNÁNDEZ, H., et al. Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia. En: Bucaramanga: MINISTERIO DE MINAS y ENERGÍA.

Para el Sector Pecuario se tiene que el estiércol producido por distintos semovientes, es considerado como un tipo de biomasa residual aprovechable para los procesos de transformación. Para esta fuente se pueden destacar tres grupos diferentes, Animales del sector avícola (aves para producción de huevos y carne), Animales del sector bovino (reses para producción de leche, carne y doble propósito) y Animales del sector porcino (cerdos de criaderos tecnificados y no tecnificados).

En el sector de los residuos sólidos orgánicos urbanos se hace referencia a los residuos generados en las plazas de mercados, centros de abastos y residuos de podas y mantenimiento de áreas verdes. En el país se destacan diferentes ciudades que aportan la mayor cantidad de residuos, entre estas ciudades se encuentran, Bogotá, Medellín, Cali, Bucaramanga, Barranquilla, Villavicencio, Montería, Cúcuta, Manizales, Cartagena, Pereira e Ibagué.

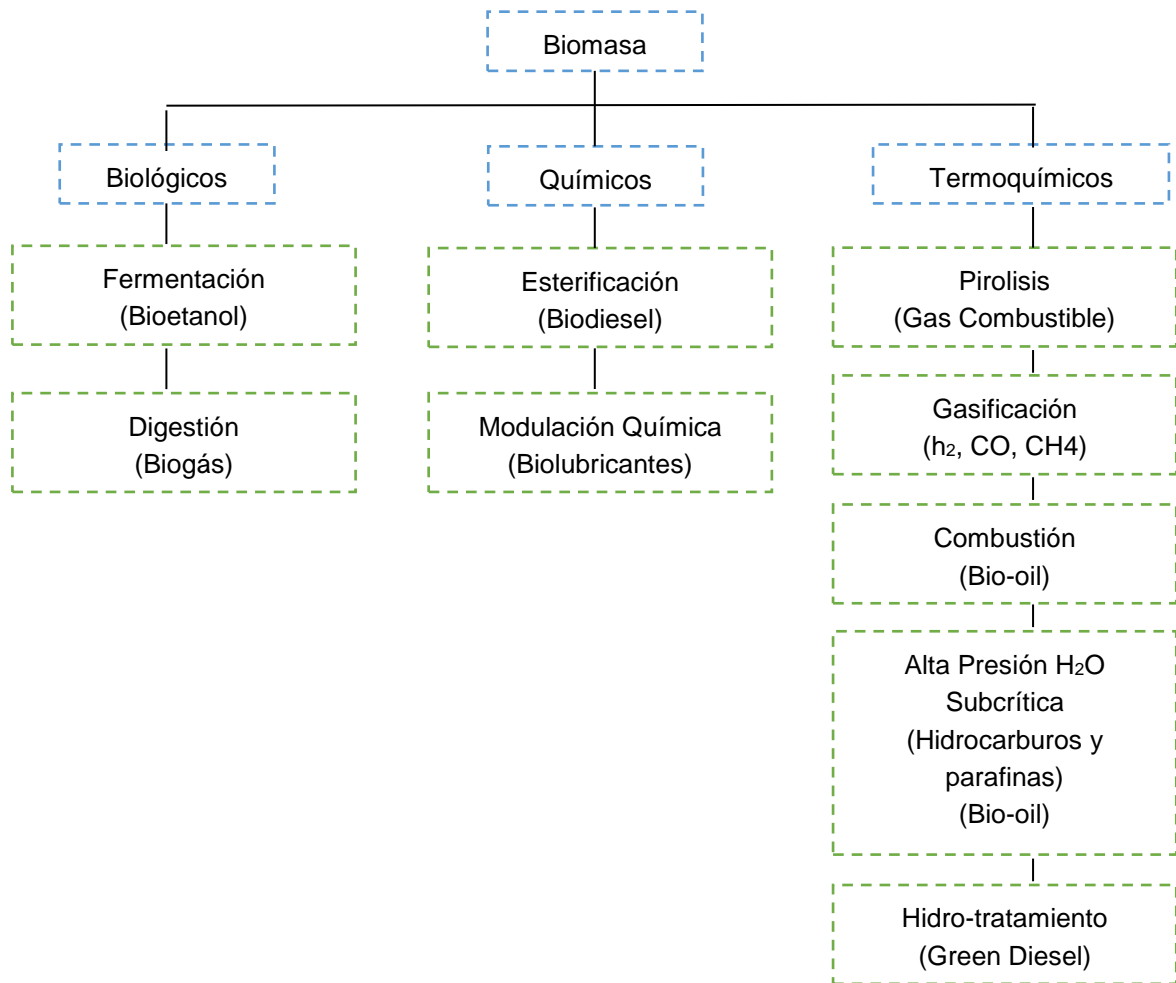
1.6 TECNOLOGÍAS DE TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA

Los distintos tipos de transformación de la biomasa, realizados mediante procedimientos biológicos, químicos y termoquímicos, se recopilan en la grafica 2, de acuerdo con el estudio de Patiño⁴ que realizó una recopilación de las distintas técnicas y tecnologías que se utilizan actualmente en el mundo para la transformación energética de la biomasa. Para cada uno de los tipos de

⁴ PATIÑO, Pedro. Biomasa residual vegetal: tecnologías de transformación y estado actual. Bucaramanga. Septiembre 2014, p.4.

transformación de la biomasa a continuación se presenta una breve descripción del tipo de transformación realizada:

Gráfica 2. Tecnologías de transformación de la biomasa



Nota: Elaborado por el autor con base en el artículo de la revista *Innovaciencia* de PATIÑO, Pedro. *Biomasa residual vegetal: tecnologías de transformación y estado actual*. Bucaramanga. Septiembre 2014.

- **Pirolisis:** Como dice Patiño⁵, “la pirolisis consiste en un proceso endotérmico, que descompone la materia prima de biomasa mediante el calor, cuyo resultado es la producción de 80% de materiales volátiles en forma de hidrocarburos líquidos y gaseosos, y carbón. Posteriormente, estos hidrocarburos volátiles son convertidos en gas de síntesis o gas combustible.

⁵ PATIÑO, Pedro. *Biomasa residual vegetal: tecnologías de transformación y estado actual*. Bucaramanga. Septiembre 2014, p.4.

- **Combustión directa:** como dice Carrasco⁶, “la combustión directa consiste en una reacción de oxidación, donde los componentes de la biomasa son expuestos a altas temperaturas mediante la presencia de una cantidad de oxígeno suficiente”, con el fin de producir la oxidación total de los componentes de la biomasa, así se obtiene energía en forma de calor.
- **Fermentación:** consiste en un proceso bioquímico, donde una sustancia orgánica se transforma en otra mediante la acción de un fermento, los fermentos actúan como catalizadores activando las diferentes reacciones químicas de cada sustancia orgánica.
- **Gasificación:** Como dice Pérez⁷, la gasificación consiste en un proceso termoquímico donde ocurre la transformación de un combustible sólido en otro gaseoso. Se utilizan procesos de transferencia de masa y energía en un sistema reactivo heterogéneo, dando como resultado etapas de secado y devolatilización del combustible, para dar paso a la oxidación de los combustibles volátiles y el carbón.
- **Digestión aerobia:** Como dice Patiño⁸, la digestión anaerobia consiste en la degradación de la materia orgánica mediante la Hidrólisis, donde se encuentran las bacterias formadoras de ácidos que utilizan los hidratos de carbono como materia prima. En la Homoacetogénesis se emplean las bacterias formadoras de ácido acético y en la metanogénesis se encuentran las acetofílicas y las hidrogenofílicas que emplean monóxido de carbono para su digestión.
- **Co-combustión:** En la co-combustión la materia prima de la biomasa es llevada a calderas, donde se le suministra grandes cantidades de calor, para poder lograr la temperatura de ignición.

1.7 APLICACIONES DE LA BIOMASA

Una vez se han establecido los tipos de tecnologías disponibles para la transformación eficiente de la biomasa, se deben considerar las aplicaciones del

⁶ CARRASCO, Juan. Combustión Directa de la Biomasa. Master en energías renovables y mercado energético 2007-2008, p.4.

⁷ PÉREZ, Juan; BORGE, David; AGUDELO, John. Proceso de gasificación de biomasa: una revisión de estudios teórico–experimentales Biomass gasification process: theoretical and experimental studies a review. *scielo. org. co*, 2010. p. 96.

⁸ PATIÑO, Pedro. Biomasa residual vegetal: tecnologías de transformación y estado actual. Bucaramanga. Septiembre 2014, p.5.

uso de la biomasa, una vez se han transformado. Los distintos tipos de uso se clasifican en los siguientes tres aspectos principales:

- **Calentamiento y enfriamiento**, consiste en los servicios de climatización para fincas, casas, edificios e industrias. Es el más común y el más utilizado en el mundo debido a su sencillez a la hora de realizar los procesos de transformación, es utilizado en su mayoría en el sector doméstico, especialmente en el sector rural.
- **Electricidad**, consiste en el aprovechamiento de la energía proveniente de la biomasa. Esta aplicación es usada a grandes escalas en el sector industrial, aplicada en su mayoría para el autoabastecimiento energético de las industrias, y quizás su aplicación más ambiciosa es la distribución y comercialización de energía.
- **Transporte**, consiste en la sustitución parcial o total de los combustibles fósiles, mediante la implementación de técnicas de transformación para la creación de biocombustibles, estos pueden ser mezclados con combustibles fósiles para la minimización de compuestos nocivos.

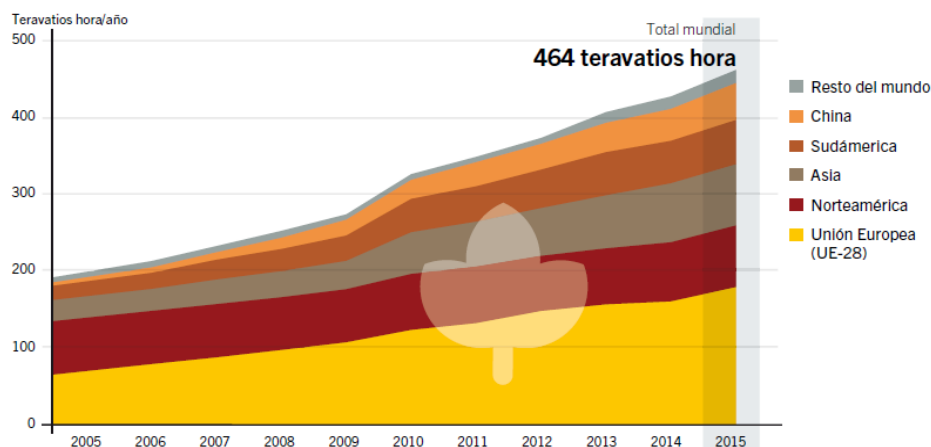
1.8 SITUACIÓN ACTUAL DEL USO DE LA BIOMASA EN EL MUNDO

El uso de la biomasa ha estado presente en el mundo desde hace muchos años, especialmente los países pobres o en vías de desarrollo, son los que usan en mayor porcentaje la biomasa, debido a que es la materia prima más accesible para estas comunidades. En algunos países pobres se dice que su energía puede ser en un 90% proveniente de la biomasa. Con respecto al uso mundial de la biomasa se dice que el 75% es usado para fines domésticos y el 25% para fines industriales.

Como se puede observar en la gráfica 3, los países correspondientes a la Unión Europea son las principales potencias a nivel mundial en la implementación y uso de la biomasa para satisfacer sus necesidades energéticas. De igual forma, Estados Unidos también busca la implementación de energías alternativas que ayuden a diversificar su canasta energética. Otros países desarrollados y en vía de desarrollo del continente asiático buscan utilizar la biomasa, ya que tienen grandes cantidades de desechos aprovechables para poder utilizar y aplicar la biomasa. En el caso de Sudamérica, países como Brasil, Colombia, Ecuador, entre otros, son los países con grandes potenciales debido a la gran cantidad de biodiversidad que presentan en sus terrenos, principalmente como los grandes bosques de la Amazonía.

Gráfica 3. Generación mundial de bio-energía

Generación mundial de bio-energía, por país y región, 2005-2015



Fuente: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Renewables 2016 global status report. Disponible en: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_KeyFindings1.pdf.

Los países europeos (ver gráfica 3) que tienen un gran manejo y experiencia en el uso de la biomasa, ya tienen grandes plantas de producción. En el año 2016, el periódico de la energía⁹, publicó un artículo que mostraba las 10 plantas con mayor capacidad de producción de biomasa, entre las que figuran: 1) planta Ironbridge en el Reino Unido con una capacidad de 740 MW; 2) planta Alholmenskraft en Finlandia con una capacidad de 265 MW; 3) planta Toppila en Finlandia con una capacidad de 210 MW; 4) planta Polaniec en Polonia con una capacidad de 205 MW; 5) planta Kymijärvi en Finlandia con una capacidad de 160 MW; 6) planta Vaasa en Finlandia con una capacidad de 140 MW; 7) planta Wisapower en Finlandia con una capacidad de 140 MW; 8) planta Florida Crystals en Estados Unidos con una producción de 140 MW; 9) planta de KaukaanVoima en Finlandia con una producción de 125 MW; y 10) planta Seinäjoki en Finlandia con una capacidad de 125 MW.

De acuerdo con estas estadísticas, se observa que Finlandia es el país donde más se utiliza la biomasa, tanto así que establece que el 20% de su electricidad proviene del uso de la biomasa, mientras el 30% del consumo primario del país es procedente de esta fuente de energía, gracias a la normatividad vigente que torna atractivo la producción de calor y electricidad y debido también a la exclusión de los impuestos a favor de las energías renovables y sus grandes reservas forestales.

⁹ EL PERIODICO DE LA ENERGÍA. Las 10 mayores plantas de biomasa en el mundo. [Sitio Web]. España. 11, Enero, 2016. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://elperiodicodelaenergia.com/las-10-mayores-plantas-de-biomasa-del-mundo>.

2. PROPÓSITOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA BIOMASA EN COLOMBIA

2.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

A continuación, en el cuadro 1 se hará una comparación entre las ventajas y desventajas de la implementación de la Biomasa en Colombia, con el fin de conocer la viabilidad del uso de la biomasa en Colombia.

Cuadro 1. Ventajas y Desventajas implementación de la biomasa en Colombia

Ventajas	Desventajas
Energía Limpia (alternativa combustibles fósiles)	Falta de desarrollo tecnológico
Utilización de residuos agrícolas	Transporte de residuos
Reducción de emisiones de CO2 (mitigación cambio climático)	Falta de Reglamentación de la política
Creación de puestos de trabajo	Falta de incentivos para la adopción de la Biomasa
Avance hacia una economía sostenible	
Favorece al desarrollo del sector rural (oportunidad para el sector agrícola)	

Como se observa en el cuadro 1, las desventajas por las cuales no se ha impulsado el uso de la biomasa en Colombia se presentan por la falta de reglamentación de políticas para el desarrollo de estas nuevas energías limpias a la canasta energética de Colombia. La falta de desarrollo normativo del país va de la mano con la falta de desarrollo tecnológico, debido principalmente a que no se encuentran estructurados ni reglamentados los incentivos tributarios de interés para las empresas que pueden implementar la biomasa en sus procesos. Uno de los problemas más preocupantes es el alto costo que se tiene en el transporte de residuos energéticos provenientes de la biomasa que pueden ser utilizados para la generación de energía, es por esto que las únicas empresas que realizan la implementación de la biomasa en sus procesos son las que generan residuos propios con un potencial energético tal que pueden aprovecharse para el autoabastecimiento y de igual forma para la distribución y comercialización de energía.

La implementación de la biomasa también lleva consigo muchas ventajas, al ser un proceso nuevo ayuda a la creación de nuevos puestos de trabajo verdes, mitigando al mismo tiempo el cambio climático y avanzando hacia una economía

ambiental sostenible. Igualmente, se favorece a las zonas no interconectadas del país ya que se genera la energía necesaria para su autoabastecimiento.

2.2 NORMATIVA APLICADA A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA BIOMASA EN COLOMBIA

2.2.1 Antecedentes de la aplicación de la Biomasa en Colombia

2.2.1.1 Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia

“En el año 2011 se presentó en la universidad industrial de Santander (UIS), el atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia, éste documento fue realizado por la universidad industrial de Santander (UIS) gracias a la colaboración y supervisión del departamento Administrativo de ciencia, tecnología e innovación (Colciencias), la unidad de planeación minero Energética (UPME) y el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM)”¹⁰.

Entre otros estudios relacionados y que sirvieron de base para realizar este documento, como dice el Centro Virtual de Noticias de la Educación¹¹ se tiene que la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) realizó dos estudios previos al de la biomasa residual, los cuales fueron: el Atlas de la Energía Eólica en Colombia y el Atlas de la Energía Solar en Colombia. Similarmente, todos estos estudios tuvieron como objetivo ayudar a la diversificación del sector minero energético y dar una base para el sector empresarial y gubernamental, de acuerdo con la disponibilidad de los residuos y el potencial energético de estos residuos residuales.

Al realizar el presente estudio se plantearon como metas encontrar nuevas fuentes de energía alternativas o limpias, con el fin de generar alternativas al sector minero energético del país y por tanto ayudar a minimizar la dependencia que tiene Colombia de los combustibles fósiles. Igualmente, la segunda meta fue buscar aproximaciones para afrontar los nuevos retos financieros y económicos que el país exhibirá en los próximos años, debido a los problemas relacionados con el crecimiento poblacional del país y la obligación de abastecer energéticamente a éstas poblaciones.

Lo que lleva a que el país mire hacia un nuevo panorama sostenible ambientalmente hablando, ayudando a minimizar los problemas relacionados con el cambio climático y las emisiones de los gases de efecto invernadero en

¹⁰ CENTRO VIRTUAL DE NOTICIAS DE LA EDUCACIÓN. UIS realizó el atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia. [Sitio Web]. [Consultado 15, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-269880.html>.

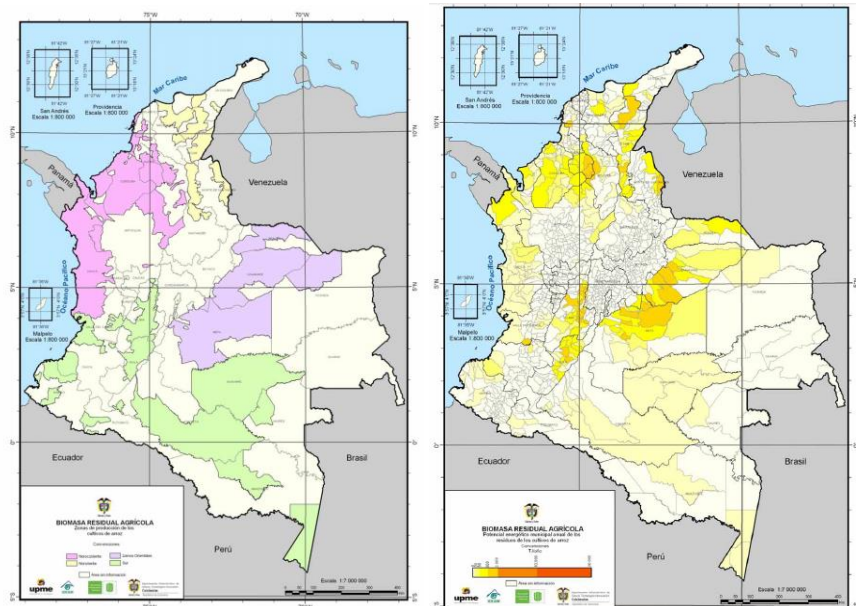
¹¹ Ibid.

Colombia. Es necesario recordar que Colombia, como un país de gran diversificación ambiental, se verá fuertemente afectado por el cambio climático en particular por el déficit hídrico causado por el cambio de patrones de las precipitaciones.

La información plasmada en éste documento, resume la oferta nacional de biomasa residual y su potencial energético mediante la ayuda de mapas que permiten visualizar su estado actual, así como se pueden evaluar espacialmente las zonas más representativas y de mayor potencial en los sectores agrícolas, pecuario y residuos sólidos orgánicos urbanos. Es decir, se selecciona información acerca del área cultivada, la población pecuaria y el volumen de residuos sólidos orgánicos urbanos.

Como cultivos representativos de la biomasa residual en Colombia se tomaron los cultivos con mayor potencial energético, entre los cuales se tienen: arroz, maíz, banano, café, caña de azúcar, caña panelera, palma de aceite y plátano. A continuación se mostraran los mapas correspondientes a las zonas de producción de éstos cultivos y sus rangos correspondientes de potencial energético expresado en TJ/año.

Mapa 2. Zonas de producción de los cultivos y potencial energético de Arroz en Colombia



Fuente: ESCALANTE HERNÁNDEZ, H., et al. Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia. En: Bucaramanga: MINISTERIO DE MINAS y ENERGÍA.

En el mapa 2 se pueden observar las zonas de producción de los cultivos de Arroz en Colombia. En la región Noroccidente del país, Chocó, Córdoba, Sucre y Bolívar, son los departamentos productores de arroz. Con respecto al potencial

energético anual de los residuos de los cultivos de arroz (ver mapa 2), se tiene que la mayoría de cultivos de arroz presente en el departamento del Chocó no tienen un gran potencial energético, en la mayoría del departamento se ve como se tiene un potencial bajo de 20-50 TJ/año, con un potencial un poco más alto en un tramo de la zona alta junto a la frontera de Panamá en donde se puede observar un potencial medio bajo de 50-300 TJ/año. El potencial más alto se da en el departamento de Córdoba, el cual presenta cerca de la mitad de los cultivos con un potencial energético medio bajo de 50-300 TJ/año, y la otra mitad de cultivos productores tienen un potencial bajo de 20-50 TJ/año. En el departamento de Sucre se puede ver como en la parte baja hay un tramo con un potencial medio de 300-2000 TJ/año y en otro tramo un potencial medio bajo de 50-300 TJ/año. En el departamento de Bolívar, con unos tramos muy pequeños con un potencial medio de 300-2000 TJ/año y otros tramos pequeños con potenciales medio bajo de 50-300 TJ/año.

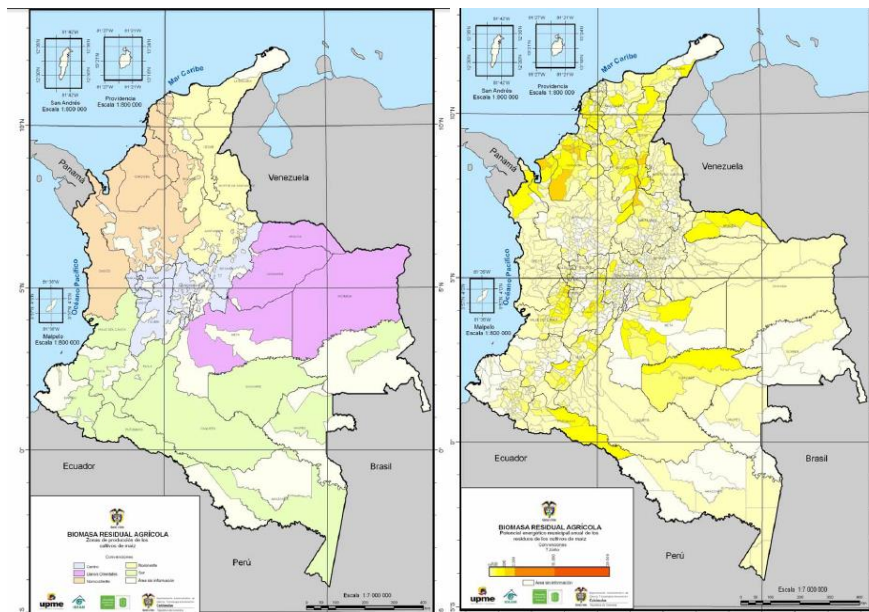
En la zona del Nororiente se tiene que en los departamentos de Norte de Santander, Cesar, Santander, Magdalena y la Guajira, son zonas de producción de cultivos de Arroz (ver mapa 2), con respecto el potencial energético se observa que en el departamento de Magdalena solo existe un pequeño tramo con potencial medio bajo de 50-300 TJ/año y otros tramos con un potencial bajo de 20-50 TJ/año. En el departamento de la Guajira se tienen dos tramos pequeños con potencial medio bajo de 50-300 TJ/año y otro tramo pequeño con un potencial bajo de 20-50 TJ/año. En el departamento de Cesar se tienen varios tramos con potenciales medio bajos de 50-300 TJ/año y con otros tramos con potencial medio de 300-2000 TJ/año, siendo estos tramos los de mayor potencial de esta zona. En el departamento de Santander se observan simplemente tramos con potencial bajo de 20-50 TJ/año, los cuales no tienen una gran importancia para esta zona. Por último, se puede ver que en el departamento de Norte de Santander cercano a la zona fronteriza con Venezuela, hay tramos con potenciales medio bajos de 50-300 TJ/año y medio de 300-2000 TJ/año.

En la zona de los Llanos orientales se tiene que los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada, son zonas de producción de cultivos de Arroz (ver mapa 2). Los departamentos con mayor potencial energético son Arauca que presenta tramos con potenciales medio bajos de 50-300 TJ/año y bajos de 20-50 TJ/año; Casanare y Meta que cuentan con la mayor cantidad de potencial energético del país, en donde se pueden ver grandes tramos con potenciales medios de 300-2000 TJ/año y otros tramos con potenciales medio bajos de 50-300 TJ/año. Los restantes departamentos, como Vichada, Guaviare, Guainía y Vaupés, con producción de arroz no tienen grandes potenciales que destacar.

En la zona sur del país se tiene que los departamentos de Valle del Cauca, Cauca, Nariño, Huila, Tolima, Guaviare, Caquetá, Putumayo, Vaupés y Amazonia, son zonas de producción de cultivos de Arroz (ver mapa 2). Los departamentos del Tolima y Huila son los únicos que tienen algún tipo de potencial productivo, en

donde se pueden observar tramos con potenciales medios de 300-2000 TJ/año y otros tramos con potenciales medio bajos de 50-300 TJ/año. Los demás departamentos al no presentar una gran producción de arroz no tienen potencial que subrayar.

Mapa 3. Zonas de producción de los cultivos y potencial energético de Maíz en Colombia



Fuente: ESCALANTE HERNÁNDEZ, H., et al. Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia. En: Bucaramanga: MINISTERIO DE MINAS y ENERGÍA.

En el mapa 3 se pueden observar las zonas de producción de los cultivos de Maíz en Colombia. El análisis de la presentación de este cultivo en el país es el siguiente: la región Noroccidente del país Chocó, Córdoba, Antioquia, Sucre, Bolívar y Atlántico, son los departamentos productores de Maíz; con respecto al potencial energético anual de los residuos de los cultivos de Maíz se tiene que la mayoría de estos cultivos presente en el departamento del Chocó no tienen un gran potencial energético, ya que en la mayoría del departamento se ve como se tiene un potencial muy bajo de 0-20 TJ/año, aunque un potencial un poco más alto en un tramo de la zona alta junto a la frontera con Panamá, donde se puede observar un potencial bajo de 20-50 TJ/año.

En el departamento de Córdoba, se puede observar el potencial más alto de toda la zona, cerca de la mitad de los cultivos del departamento tiene un potencial energético medio bajo de 50-300 TJ/año, y la otra mitad de cultivos productores tienen un potencial medio de 300-2000 TJ/año. En el departamento de Sucre se puede ver que no tiene un gran potencial energético que destacar, debido a que tiene potenciales muy bajos de 0-20 TJ/año y bajos de 20-50 TJ/año. En el departamento de Bolívar se tienen tramos con potenciales bajos de 20-50 TJ/año

y tramos con potenciales muy bajos de 0-20 TJ/año y otros tramos pequeños con potenciales medio bajo de 50-300 TJ/año. En el departamento de Atlántico, no hay grandes potenciales que destacar debido a que la mayoría de cultivos tienen potenciales muy bajos de 0-20 TJ/año. En el departamento de Antioquia, en su mayoría tiene un potencial bajo de 20-50 TJ/año, pero tiene un tramo ligeramente más grande en la parte noroccidental del departamento con un potencial de 50-300 TJ/año.

En la zona nororiental del país se tiene que en los departamentos de Magdalena, La Guajira, Cesar, Norte de Santander y Santander están ubicadas las zonas de producción de cultivos de Maíz. Sin embargo, con respecto al potencial energético (ver mapa 3) se observa que en el departamento de Magdalena solo existe un pequeño tramo con potencial medio bajo de 50-300 TJ/año y otros tramos con un potencial bajo de 20-50 TJ/año y muy bajo de 0-20 TJ/año. En el caso del departamento de la Guajira se tiene un tramo pequeño con potencial medio bajo de 50-300 TJ/año y otro tramo un poco más grande con un potencial bajo de 20-50 TJ/año. En el departamento de Cesar, se presentan los cultivos con mayor potencial energético de la zona, varios tramos con potenciales medio bajos de 50-300 TJ/año y con otros tramos con potenciales bajos de 20-50 TJ/año y potenciales muy bajos de 0-20 TJ/año. En el departamento de Santander se observa un tramo con potencial medio de 300-2000 TJ/año que es el más prometedor del departamento. Finalmente, se puede ver que en el departamento de Norte de Santander no hay tramos con potenciales prometedores, ya que en su mayoría presenta potenciales bajos de 20-50TJ/año y muy bajos de 0-20 TJ/año.

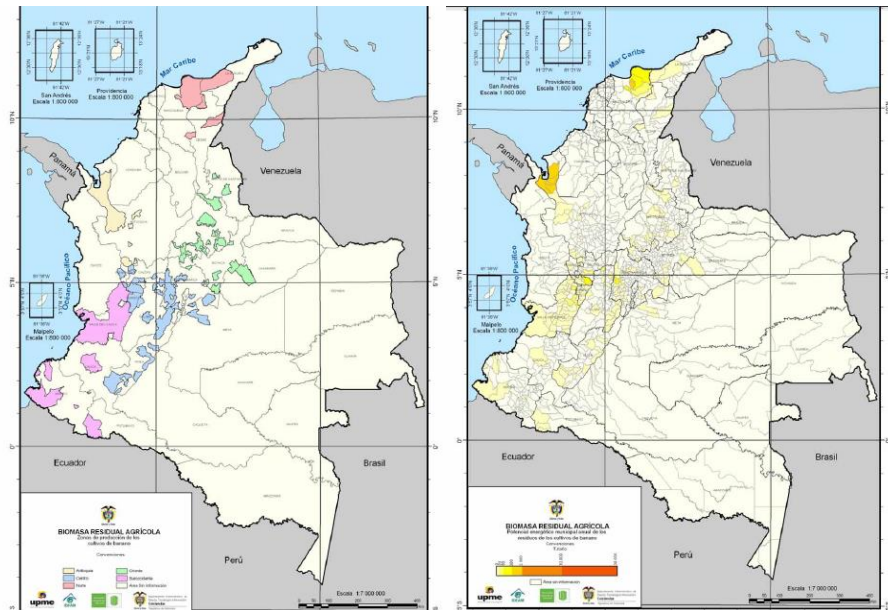
En la zona de los Llanos orientales, se tiene que en los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada, son zonas de producción de cultivos de Maíz (ver mapa 3). Con respecto al potencial energético, se tiene que los departamentos de Guaviare, Meta y Arauca tienen los potenciales más altos de la zona con potenciales medio bajo de 50-300 TJ/año, los demás departamentos de la zona tienen potenciales no muy prometedores con potenciales bajos de 20-50 TJ/año y muy bajos de 0-20 TJ/año.

En la zona sur del país, se tiene que en los departamentos de Valle del Cauca, Cauca, Nariño, Huila, Guaviare, Caquetá, Putumayo, Guainía, Vaupés y Amazonia, se encuentran las zonas de producción de cultivos de Maíz (ver mapa 3). Los departamentos de Valle del Cauca, Huila y Putumayo son los únicos que tienen algún tipo de potencial productivo, donde se puede observar tramos con potenciales medios de 300-2000 TJ/año, mientras que los demás departamentos de la zona tienen potenciales bajos de 20-50 TJ/año.

En la zona Central del país se tiene que en los departamentos de Tolima, Quindío, Risaralda, Caldas, Cundinamarca y Boyacá se presentan las zonas de producción de cultivos de Maíz (ver mapa 3). Esta zona no tiene grandes potenciales que destacar, simplemente en el departamento de Cundinamarca y Tolima se

presentan potenciales medio bajos de 50-300 TJ/año, pero solamente en tramos muy pequeños. Para los demás departamentos de la zona no hay potenciales significativos que destacar.

Mapa 4. Zonas de producción de los cultivos y potencial energético de Banano en Colombia



Fuente: ESCALANTE HERNÁNDEZ, H., et al. Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia. En: Bucaramanga: MINISTERIO DE MINAS y ENERGÍA.

En el mapa 4 se puede observar el mapa correspondiente a las zonas de producción de los cultivos de Banano en Colombia. En este mapa se observa que para Colombia son pocos las zonas de producción de Banano, ubicándose en la región Noroccidente del país exactamente en el departamento de Antioquia, cuyo potencial energético anual de los residuos de los cultivos de Banano para el departamento se presenta con un potencial prospectivo energético medio de 300-2000 TJ/año.

En la zona del Norte se tiene que los departamentos productores de Banano son Magdalena, La Guajira y Cesar (ver mapa 4). Con respecto al potencial energético se observa que en el departamento de Magdalena existe el potencial más grande de esta zona, con un potencial energético Medio bajo de 50-300 TJ/año y Medio de 300-2000 TJ/año. Por su lado, en los departamentos de la Guajira y Cesar se presenta un potencial energético bajo de 20-50 TJ/año.

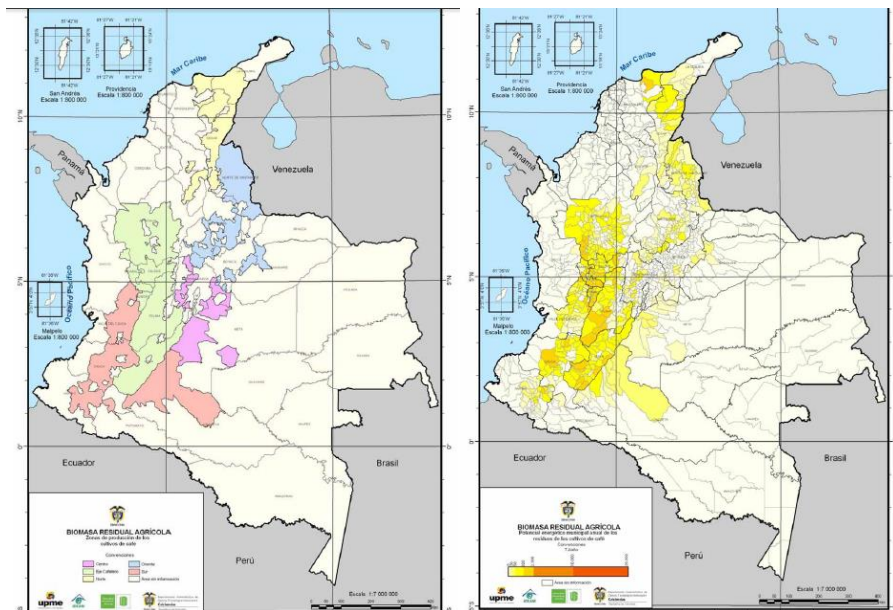
En la zona oriental del país se tiene que en los departamentos de Norte de Santander, Santander, Boyacá y Casanare hay zonas de producción de cultivos de Banano, en esta zona no se tiene un potencial energético importante, debido a

que en su mayoría se puede observar un potencial bajo de 20-50 TJ/año y muy bajo de 0-20 TJ/año.

En la zona suroriental del país se tiene que los departamentos de Valle del Cauca, Cauca, Nariño y Putumayo, presentan zonas de producción de cultivos de Banano (ver mapa 4). Sin embargo, en esta zona no se tiene un potencial energético considerable, debido a que en su mayoría se puede observar un potencial bajo de 20-50 TJ/año y muy bajo de 0-20 TJ/año.

En la zona central se tiene que en los departamentos de Huila, Tolima, Quindío, Risaralda y Cundinamarca se ubican las zonas de producción de cultivos de Banano (ver mapa 4). La mayor parte de esta zona no cuenta con un potencial energético importante, debido a que en gran parte de la zona se puede observar un potencial bajo de 20-50 TJ/año y muy bajo de 0-20 TJ/año. Solamente se pueden observar dos zonas con un potencial aceptable en los departamentos de Caldas y Cundinamarca, donde se alcanza un potencial energético medio bajo de 50-300 TJ/ año.

Mapa 5. Zonas de producción de los cultivos y potencial energético de Cultivos de café en Colombia



Fuente: ESCALANTE HERNÁNDEZ, H., et al. Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia. En: Bucaramanga: MINISTERIO DE MINAS y ENERGÍA.

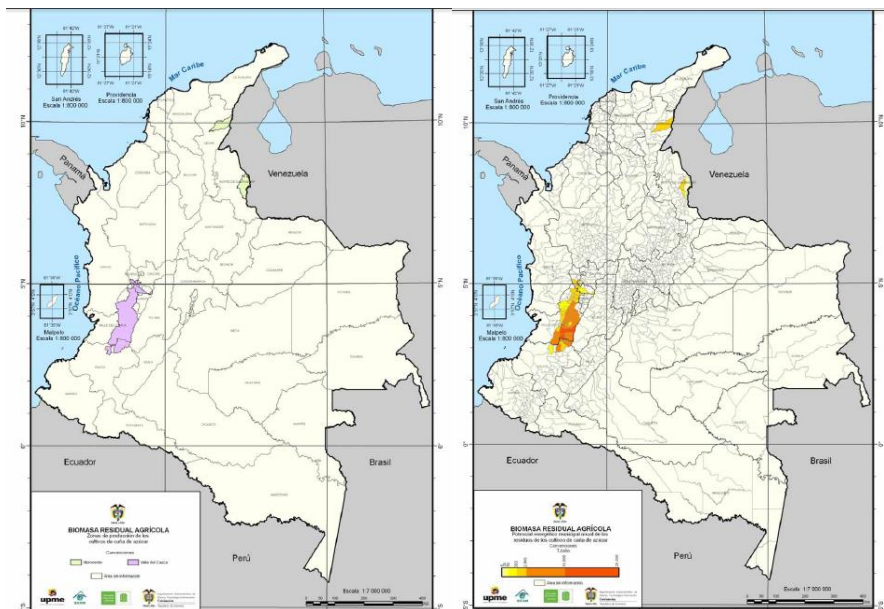
El mapa 5 corresponde a las zonas de producción de los cultivos de Café en Colombia, se puede observar que en la región central del país Cundinamarca y Meta, son los departamentos productores de café. Con respecto al potencial energético anual de los residuos de los cultivos de Café (ver mapa 5) se tiene que la mayoría de cultivos de café presentes en los departamentos de Cundinamarca y

Meta no tienen un gran potencial energético, tienen un potencial bajo de 20-50 TJ/año.

En la zona del norte del país, se tiene que los departamentos de Cesar, Bolívar y la Guajira, hay zonas productoras de Café (ver mapa 5), aunque con respecto al potencial energético se observa que en los departamentos de la Guajira y Cesar se presenta un potencial medio bajo de 50-300 TJ/año y otros tramos con un potencial bajo de 20-50 TJ/año. Por su parte, en el departamento de Bolívar no se presenta un potencial significativo sino un potencial bajo de 20-50 TJ/año.

En la zona del eje Cafetero se tiene que en los departamentos de Antioquia, Caldas, Quindío, Risaralda y Tolima, y en la zona del sur los departamentos del Valle del Cauca y Cauca, se ubican las zonas de producción cafetera por excelencia en Colombia (ver mapa 5), son por consiguiente las que presentan el mayor potencial energético del país, con potenciales medio bajos de 50-300 TJ/año y medios de 300-2000 TJ/año.

Mapa 6. Zonas de producción de los cultivos y potencial energético de Caña de Azúcar en Colombia

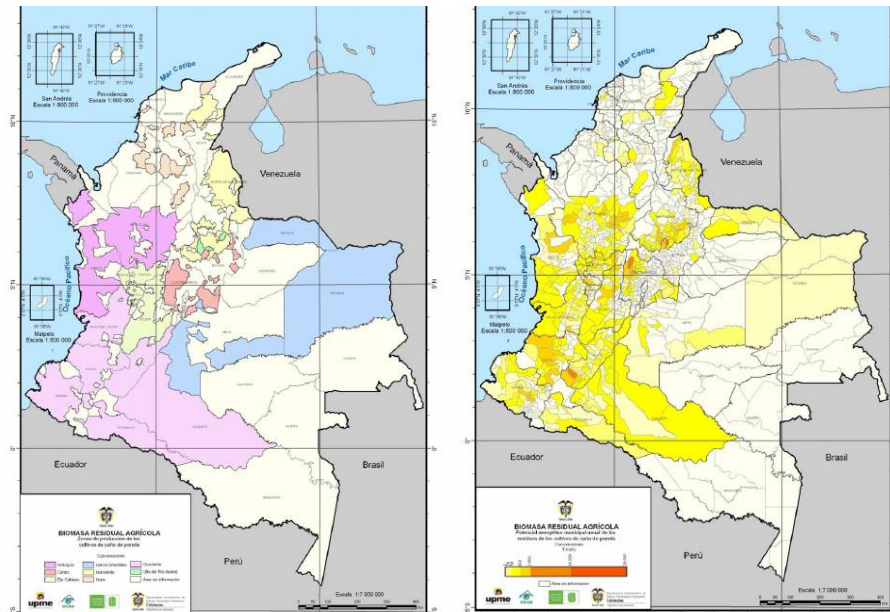


Fuente: ESCALANTE HERNÁNDEZ, H., et al. Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia. En: Bucaramanga: MINISTERIO DE MINAS y ENERGÍA.

En el mapa 6 se puede observar el mapa correspondiente a las zonas de producción de los cultivos de Caña de Azúcar en Colombia. Al respecto, se observa que este cultivo sin duda representa el potencial energético más alto del país, especialmente en los departamentos de Valle del Cauca y Cauca que son los dos más grandes productores de Caña de Azúcar del país. Se tiene que la

mayoría de cultivos de Caña de Azúcar tienen potenciales altos de 10000-20000 TJ/año, y potenciales medio altos de 2000-10000 TJ/año, los cuales representan una gran oportunidad de aprovechamiento para el país.

Mapa 7. Zonas de producción de los cultivos y potencial energético de Caña de Panela en Colombia



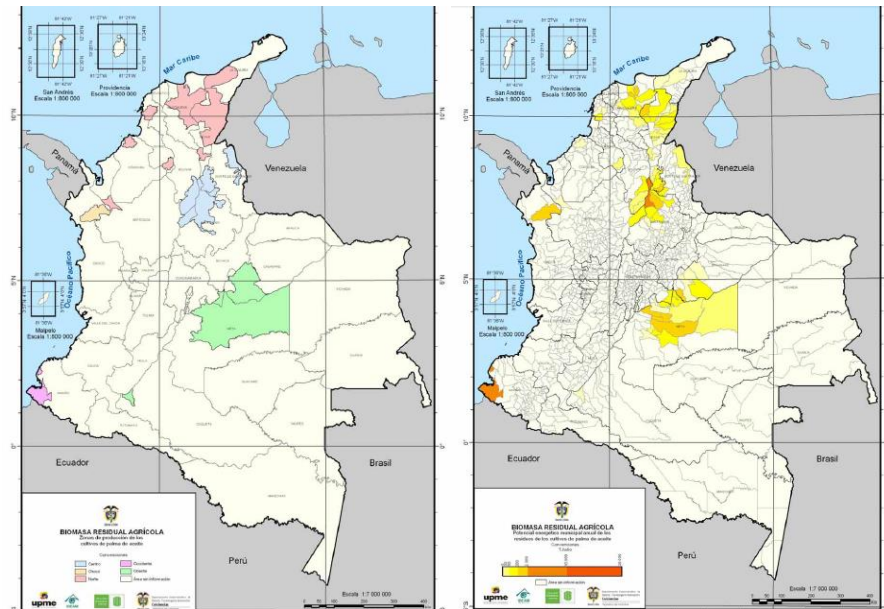
Fuente: ESCALANTE HERNÁNDEZ, H., et al. Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia. En: Bucaramanga: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.

En el mapa 7 se pueden observar las zonas correspondientes a la producción de los cultivos de Caña de Panela en Colombia. Para este cultivo se tiene que los departamentos de Caquetá, Putumayo, Nariño, Valle del Cauca, Chocó, Tolima, Huila, Risaralda, Quindío, Antioquia, Cundinamarca, Meta, Arauca, Santander, Norte de Santander, Cesar, Magdalena y La Guajira son los productores de Caña de Panela, por lo que se puede generalizar que este cultivo produce una gran cantidad de residuos agrícolas, aunque con respecto a su potencial energético (ver mapa 7), se tiene que en la mayoría del país se presenta un potencial medio bajo de 50-300 TJ/año y con unos pequeños picos en los departamentos de Cundinamarca y Huila, donde se pueden encontrar potenciales medio alto de 2000-10000 TJ/año.

En el mapa 8 se puede observar el mapa correspondiente a las zonas de producción de los cultivos de Palma de Aceite en Colombia. En este mapa se puede observar que Córdoba, Magdalena, Sucre, Cesar, La Guajira, Norte de Santander, Santander, Bolívar, Meta, Casanare, Caquetá, Nariño y Chocó, son los departamentos productores de palma de Aceite en el país. Con respecto al potencial energético anual de los residuos de los cultivos de palma de Aceite se

tiene que la mayoría de estos cultivos presentes en el país tienen un potencial energético medio bajo de 50-300 TJ/año, mientras que en los departamentos de Nariño, Santander y Bolívar se presentan los tramos con potenciales medio alto de 2000-10000 TJ/año, los cuales pueden ser aprovechables para la generación de energía.

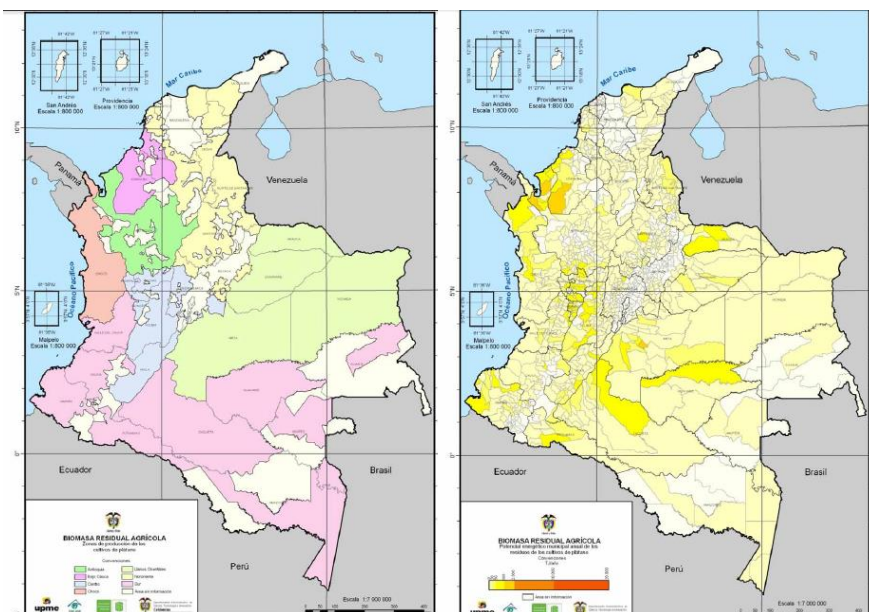
Mapa 8. Zonas de producción de cultivos y potencial energético de la Palma de Aceite en Colombia



Fuente: ESCALANTE HERNÁNDEZ, H., et al. Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia. En: Bucaramanga: MINISTERIO DE MINAS y ENERGÍA.

En el mapa 9 se pueden observar las zonas productoras correspondientes a los cultivos de Plátano en Colombia. En el mapa se observa que prácticamente todo el territorio nacional es productor de plátano, sin embargo, con respecto al potencial energético anual de los residuos de los cultivos de plátano se tiene que en la mayoría de cultivos presentes en el país se tiene un potencial medio bajo de 50-300 TJ/año. Es por esto que los residuos de plátano no pueden generar un gran aprovechamiento energético, probablemente quizás por la gran cantidad de desechos generados pueden ser utilizados para diversificar la canasta energética del país.

Mapa 9. Zonas de producción y potencial energético de cultivo de Plátano en Colombia



Fuente: ESCALANTE HERNÁNDEZ, H., et al. Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia. En: Bucaramanga: MINISTERIO DE MINAS y ENERGÍA.

2.2.1.2 Normativa vigente para el fomento de las energías renovables

Mediante la implementación de la Ley 1715 del 13 de mayo de 2014, por la cual se establece en Colombia el marco legal para el aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, en especial aquellas renovables, se busca la inversión, investigación y desarrollo de energías limpias que ayuden a la diversificación del sector energético del país de manera eficiente y dando respuesta a la demanda energética. De igual forma, la presente ley tiene como propósitos el promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, incluyendo la implementación de estas energías limpias en las zonas no interconectadas del país, aprovechando este recurso en diferentes usos para ayudar al desarrollo económico sostenible minimizando de esta forma las emisiones de gases de efecto invernadero.

Para buscar el cumplimiento de esta ley, se pretende establecer mecanismos de contribución entre el sector público, el sector privado y los usuarios finales para ayudar al crecimiento de fuentes de energía no convencionales, fomentando de esta forma la gestión eficiente de energía. El estado colombiano debe ser el ente encargado de asegurar la promoción y el uso de mecanismos, de manera que se asegure la gestión eficiente de la energía por medio de las fuentes no convencionales de energía, especialmente las de carácter renovable, e integrarlas al sistema energético nacional.

De igual forma, como entes encargados de ayudar en la promoción del crecimiento de las fuentes no convencionales de energía (FNCE) se tienen al Ministerio de Minas y Energías, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), la Unidad de Planeamiento Minero Energética (UPME), el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Autoridad de Licencias Ambientales (ANLA) y las Corporaciones Autónomas regionales (CAR), deben participar en la elaboración de planes para el fomento de las FNCE, ayudando de esta forma a la emisión de bajas tasas de carbono en el sector energético mediante el fomento de estas energías y la eficiencia energética, implementado programas sobre la autogeneración a pequeña y grande escala.

Como medida importante, la ley 1715 de 2014 contempla los incentivos para la generación de energías no convencionales, con el fin de promover la investigación, desarrollo e inversión. Las empresas encargadas de declarar renta y que realicen inversiones en este ámbito energético, tendrán derecho a la reducción anual de su renta durante los 5 años posteriores del 50% del valor total de la inversión realizada.

2.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA BIOMASA EN COLOMBIA

En este apartado se analizará el estudio de caso de implementación de un caso exitoso en la aplicación de energía renovable generada a partir de la biomasa residual agrícola. Este estudio de caso se relaciona con el Ingenio Providencia S.A., empresa fundada en 1926 por el señor Modesto Cabal Galindo en el corregimiento El placer, Jurisdicción del municipio del Cerrito, en el valle del Cauca. En la actualidad, este ingenio tiene en su catálogo de venta productos, como Azúcar Blanco Providencia, Azúcar Morena Providencia, Azúcar Orgánica Providencia, Alcohol Carburante, Alcohol Rectificado y Abono Compostado.

A mediados de 2009, la empresa puso en funcionamiento una planta de cogeneración, en la que se lleva a cabo el proceso de transformación de la energía térmica, aprovechando el vapor que se genera en las calderas y transformándolo por medio de turbogeneradores en energía eléctrica. La planta tiene una capacidad de generación de 38 Megavatios por hora (MWh). La energía generada por la planta es utilizada para satisfacer las necesidades energéticas del Ingenio y el excedente es enviado a la red nacional de energía.

Entre los beneficios que ha traído la implementación de este proyecto se tienen la implementación de energías alternativas (Biomasa), la utilización de los residuos del bagazo de caña, la minimización de las emisiones de CO₂, el autoabastecimiento energético, la diversificación del catálogo de productos de la empresa, la diversificación del sector energético del país y la creación de empleos para la operación de la planta de cogeneración.

En la Revista Portafolio publicada el 6 de Noviembre de 2009 (ver Imagen 1), se destacan las medidas de actualización y mejora continua que se estaban tomando en el Ingenio Providencia S.A., y el gran potencial que se le ve a este tipo de procesos de cogeneración de energía. Así como se plasmó la gran cantidad de toneladas de bagazo producidas por el ingenio y el correcto aprovechamiento que se le da a este desecho agrícola en la empresa.

Imagen 1. Noticia “Ingenio Providencia inaugurará planta de cogeneración de energía el próximo viernes”



Fuente: PORTAFOLIO. Ingenio Providencia inaugurará planta de cogeneración de energía el próximo viernes. [Sitio Web]. Bogotá. 06, Noviembre, 2009. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/ingenio-providencia-inaugurara-planta-cogeneracion-energia-proximo-viernes-355886>.

2.4 OBTENCIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA

A partir de la transformación de la biomasa se derivan una gran cantidad de productos, que pueden ser fácilmente aprovechables debido a que la energía producida se adapta fácilmente a las necesidades energéticas de Colombia. Mediante diferentes procesos de transformación de la biomasa se pueden obtener distintos combustibles, ya sean estos sólidos, líquidos o gaseosos.

2.4.1 Biocombustibles Sólidos

Consiste en el uso de la materia orgánica de origen vegetal o animal, que mediante procesos de pirolisis, gasificación o combustión pueden ser aplicadas en el sector térmico o eléctrico. Dependiendo del origen y composición de los residuos utilizados los biocombustibles sólidos se dividen en dos:

- **“Primarios**, formados por cultivos energéticos, que son cultivos de especies vegetales destinados específicamente a la producción de biomasa para uso

energético. Entre las especies agrícolas para producción de biomasa lignocelulósica se pueden citar el cardo, el sorgo, *Brassica carinata* o la colza etíope, entre otras. Entre las especies forestales leñosas se pueden citar, entre otras, el chopo, el sauce, el eucalipto o la *Paulownia*¹².

- “**Residual o secundaria**, residuos forestales (como los generados en operaciones de limpieza o poda), residuos agrícolas leñosos (como podas de olivos, viñedos y frutales), residuos agrícolas herbáceos (como la paja de cereales de invierno o la caña del maíz), residuos de industrias forestales y agrícolas (astillas, cortezas, aserrín, huesos de aceitunas, cáscaras de frutos secos, cascarilla de arroz)”¹³.

2.4.2 Biocombustibles Líquidos

Son procedentes de origen biológico y gracias a las características físico-químicas presentes pueden ser utilizados para la sustitución total o parcial (aditivo) de la gasolina y diésel.

Como dice Cerdá¹⁴, “el bioetanol puede obtenerse gracias a la hidrólisis y fermentación del almidón obtenido de los cereales como el maíz”, de igual forma también puede obtenerse gracias a la fermentación de materias ricas en azúcares, como la remolacha o la caña de azúcar.

El bioetanol se obtiene mediante la fermentación de los azúcares presentes en plantas, como la caña de azúcar o la remolacha, o mediante la hidrólisis y la fermentación del almidón obtenido del maíz y otros cereales. El biodiésel es obtenido por medio de los procesos de transesterificación y esterificación de los aceites vegetales, como la soja, palma y girasol.

2.4.3 Biocombustibles Gaseosos

Estos biocombustibles gaseosos son utilizados para la generación de calor y electricidad. El Gas de síntesis es producido en un equipo conocido como *gasógeno*. En este equipo se produce la transformación termoquímica (gasificación) de la madera, el cual convierte la biomasa sólida (madera) en un gas portador de energía.

¹² CERDÁ, Emilio. La biomasa en España: una fuente de energía renovable con gran futuro. Fundación Ideas, 2012. P.14.

¹³ Ibid., p.14.

¹⁴ Ibid., p.16

Como dice Cerdá¹⁵, “el biogás proviene del proceso de fermentación anaeróbica de los componentes orgánicos de los residuos (metanización)”. Esta fermentación ocurre cuando las bacterias se desarrollan en ambientes carentes de oxígeno con lo cual liberan un gas con potencial energético conocido, como biogás, este proceso de transformación es conocido como digestión anaeróbica.

“El biogás puede proceder de la metanización natural de los residuos sólidos urbanos depositados en los vertederos (desgasificación) o puede producirse en digestores anaerobios (metanización voluntaria). La digestión anaerobia puede aplicarse a excedentes de cosechas, cultivos energéticos, residuos agrícolas, residuos ganaderos, lodos procedentes de depuradoras de aguas residuales o efluentes industriales”¹⁶.

2.5 Situación Actual del uso de la biomasa en Colombia

En Colombia, la producción de energía obtenida mediante la cogeneración ha ido en gran aumento debido a las nuevas inversiones que se vienen haciendo en el país. En primera instancia, esta producción debe satisfacer las necesidades propias de las empresas y en segunda instancia debe buscar la venta de electricidad que genere nuevas divisas. Empresas como Pastas Doria, Empacor, Corona, Monómeros, Cervecería Águila, Tecnoglass, Corpacero, Cartón Colombia, Ingenio Providencia S.A. y Riopaila Castilla, son algunas de las más de 30 compañías que han instalado en sus fábricas plantas de cogeneración para el aprovechamiento de los residuos generados. En su mayoría, estas empresas utilizan la energía generada para el autoabastecimiento, pero en algunos casos ya se está empezando a promover la venta energética.

Los cultivos de mayor impacto en el país para la generación de biomasa se presentan en la industria azucarera, la cual ya ha logrado el autoabastecimiento y está incursionando en la venta de energía al país, logrando de esta forma este sector agroindustrial ha minimizado los costos de energía en un 50%.

Se tiene un potencial muy grande para el aceite de palma y un potencial de crecimiento para el bagazo de caña, este último produce alrededor de 230 MW de energía de los cuales 78 son destinados al sistema interconectado nacional. En cambio, el aceite de palma como se mencionó anteriormente, aún se encuentra en desarrollo debido a que solamente produce 10 MW diarios. Se tiene presupuestado que para el año 2018, el sector de los biocombustibles pueda dar un gran salto por medio de la cogeneración y produzca alrededor de 700 MW para

¹⁵ CERDÁ, Emilio. La biomasa en España: una fuente de energía renovable con gran futuro. Fundación Ideas, 2012. P.14.

¹⁶ Ibid., p.14.

2018, de los cuales se espera que el bagazo de caña produzca unos 330 MW y el aceite de palma unos 350 MW.

La empresa Riopaila Castilla a mediados del 2015 abrió las puertas a sus dos nuevas inversiones, la planta de cogeneración de energía y la planta de destilería de alcohol carburante. La planta de cogeneración tiene una capacidad de 36,2 MW de energía y se espera que se produzcan cerca de 235 GW al año. Respecto a la planta de alcohol carburante se espera una producción de 400.000 Litros de alcohol, existen otras inversiones que se están realizando en el país como es el caso de Incubadora Santander que está apostando fuertemente a una planta de producción de Biogás de la cual se espera que produzca unos 800 Kilovatios. Estas nuevas tecnologías están ayudando al desarrollo sostenible del país y al crecimiento tecnológico de las empresas que buscan día a día nuevas oportunidades de crecimiento.

3. BENEFICIOS SOCIOAMBIENTALES DE LA BIOMASA EN COLOMBIA

3.1 RELACIÓN ENTRE EL PROPÓSITO DE LA IMPLEMENTACIÓN Y LA APLICACIÓN DE LA BIOMASA EN COLOMBIA

A continuación se presentan las experiencias exitosas de la implementación de la Biomasa en Colombia. El cuadro 2 se realizó con base en los once artículos de periódico encontrados en la web, que establecen un punto de partida para analizar la aplicación de la biomasa para obtener energía en Colombia y detallar como se fomenta e incrementa la producción de energía limpia en el país, en este caso por medio del uso de la biomasa residual agrícola.

El siguiente cuadro se realizó con el fin de mostrar los beneficios sociales, económicos y ambientales que trae consigo la implementación de la biomasa en el país, aprovechando los desechos agrícolas que sirven para la generación de energía, los cuales puede ayudar a la diversificación de la canasta energética del país especialmente para las zonas conectadas y del mismo modo para el abastecimiento de las zonas no interconectadas en el país.

Cuadro 2. Propósitos de la implementación y aplicación de la biomasa en Colombia

PROPOSITOS IMPLEMENTACION DE LA BIOMASA	REVISIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Diversificar la canasta energética del país	Generación de energía por cogeneración	PORTAFOLIO. Vea el plan del sector cañero para aumentar la capacidad de generación de energías limpias. [Sitio Web]. Bogotá. 27, Marzo, 2016. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.portafolio.co/economia/infraestructura/sector-canero-le-apuesta-energias-limpias-2018-493109
	Aporte de energía para la red nacional	
	Aporte de energía por biogás	

Cuadro 2. (Continuación)

PROPOSITOS IMPLEMENTACION DE LA BIOMASA	REVISIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Diversificar la canasta energética del país	Generación de energía por cogeneración	PORTAFOLIO. Ingenio Providencia inaugurará planta de cogeneración de energía el próximo viernes. [Sitio Web]. Bogotá. 06, Noviembre, 2009. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.portafolio.co/economia/finanzas/ingenio-providencia-inaugurara-planta-cogeneracion-energia-proximo-viernes-355886 .
	Aporte de energía para la red nacional	
	Aporte del 10% de energías alternativas	SEMANA. Más ciencia para el cambio climático. [Sitio Web]. Bogotá. 20, Febrero, 2016. [Consultado, 14, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.semana.com/vida-moderna/articulo/cambio-climatico-lecciones-para-colombia/461226 .
	Aporte de energía para la red nacional por cogeneración	EL ESPECTADOR. Industriales, a la espera de señales para aportar energía al sistema. [Sitio Web]. Bogotá 02, Marzo, 2016. [Consultado, 11, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.elespectador.com/noticias/economia/industriales-espera-de-senales-aportar-energia-al-siste-articulo-619904 .
	Generación de energía por cogeneración	CARACOL RADIO. Asocaña pide al gobierno apoyar la cogeneración de energías alternativas. [Sitio Web]. Cali. 14, Marzo, 2016. [Consultado, 14, Agosto, 2016]. Disponible en: http://caracol.com.co/emisora/2016/03/14/cali/1457913980_577496.html .
	Aporte de energía para la red nacional	

Cuadro 2. (Continuación)

PROPOSITOS IMPLEMENTACION DE LA BIOMASA	REVISIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Minimizar la dependencia de los combustibles fósiles	Autoabastecimiento de las empresas por cogeneración	PORTAFOLIO. Vea el plan del sector cañero para aumentar la capacidad de generación de energías limpias. [Sitio Web]. Bogotá. 27, Marzo, 2016. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.portafolio.co/economia/infraestructura/sector-canero-le-apuesta-energias-limpias-2018-493109 .
	Autoabastecimiento de las empresas por cogeneración	PORTAFOLIO. Ingenio Providencia inaugurará planta de cogeneración de energía el próximo viernes. [Sitio Web]. Bogotá. 06, Noviembre, 2009. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.portafolio.co/economia/finanzas/ingenio-providencia-inaugurara-planta-cogeneracion-energia-proximo-viernes-355886 .
	Mejor eficiencia energética de las plantas Industriales, menor intensidad energética y emisiones de gases	LA REPÚBLICA. Con planta de cogeneración, Riopaila Castilla suministrará energía a EPM y la comercializará a terceros. [Sitio Web]. Cali. 27, Agosto, 2015. [Consultado, 21, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.larepublica.co/con-planta-de-cogeneracion-riopaila-castilla-suministrar-energ-a-epm-y-la-comercializar-a-terceros .
	Autoabastecimiento de las empresas por cogeneración	PORTAFOLIO. Con incentivos, gobierno apoya la cogeneración de energía. [Sitio Web]. Bogotá. Octubre, 04, 2013. [Consultado, 16, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.portafolio.co/negocios/empresas/incentivos-gobierno-apoya-cogeneracion-energia-67474 .

Cuadro 2. (Continuación)

PROPOSITOS IMPLEMENTACION DE LA BIOMASA	REVISIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero	Mejor eficiencia energética de las planta Industriales, menor intensidad energética y emisiones de gases	LA REPÚBLICA. Con planta de cogeneración, Riopaila Castilla suministrará energía a EPM y la comercializará a terceros. [Sitio Web]. Cali. 27, Agosto, 2015. [Consultado, 21, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.larepublica.co/con-planta-de-cogeneraci%C3%B3n-riopaila-castilla-suministrar%C3%A1-energ%C3%ADa-epm-y-la-comercializar%C3%A1-terceros .
	Reducción en 20% las emisiones de Gases Efecto Invernadero por uso de Bioetanol	CARACOL RADIO. Asocaña pide al gobierno apoyar la cogeneración de energías alternativas. [Sitio Web]. Cali. 14, Marzo, 2016. [Consultado, 14, Agosto, 2016]. Disponible en: http://caracol.com.co/emisora/2016/03/14/cali/1457913980_577496.html .
	Reducción de emisiones de CO ₂	DINERO. La biomasa, el recurso del futuro. [Sitio Web]. Cali. 22, Junio, 2016. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.dinero.com/economia/articulo/v-entajas-utilizar-biomasa-america-latina/217130 .

Cuadro 2. (Continuación)

PROPOSITOS IMPLEMENTACION DE LA BIOMASA	REVISIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Aprovechamiento de los desechos agrícolas	30 Compañías han aplicado la cogeneración en Colombia	LA REPÚBLICA. Con planta de cogeneración, Riopaila Castilla suministrará energía a EPM y la comercializará a terceros. [Sitio Web]. Cali. 27, Agosto, 2015. [Consultado, 21, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.larepublica.co/con-planta-de-cogeneraci%C3%B3n-riopaila-castilla-suministrar%C3%A1-energ%C3%ADa-epm-y-la-comercializar%C3%A1-terceros .
	Uso desechos de palma de aceite y caña de azúcar	PORTAFOLIO. Vea el plan del sector cañero para aumentar la capacidad de generación de energías limpias. [Sitio Web]. Bogotá. 27, Marzo, 2016. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.portafolio.co/economia/infraestructura/sector-canero-le-apuesta-energias-limpias-2018-493109 .
	Uso desechos caña de azúcar	PORTAFOLIO. Ingenio Providencia inaugurará planta de cogeneración de energía el próximo viernes. [Sitio Web]. Bogotá. 06, Noviembre, 2009. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.portafolio.co/economia/finanzas/ingenio-providencia-inaugurara-planta-cogeneracion-energia-proximo-viernes-355886 .
	Uso desechos de palma	EL TIEMPO. Agricultores también podrán generar energía. [Sitio Web]. Cali. 22, Junio, 2016. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.eltiempo.com/colombia/cali/agricultores-podran-generar-energia/16626459 .

Cuadro 2. (Continuación)

<p>PROPOSITOS IMPLEMENTACION DE LA BIOMASA</p>	<p>REVISIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA</p>	<p>BIBLIOGRAFÍA</p>
<p>Aprovechamiento de los desechos agrícolas</p>	<p>Uso de residuos agrícolas</p>	<p>PORTAFOLIO. Sellan convenio para desarrollar energías limpias en el país. [Sitio Web]. Bogotá. 21, Junio, 2016. [Consultado, 15, Agosto 2016]. Disponible en: http://www.portafolio.co/economia/gobierno/sellan-convenio-para-desarrollar-energias-limpias-en-el-pais-497925.</p>
	<p>Uso desechos caña de azúcar</p>	<p>CARACOL RADIO. Asocaña pide al gobierno apoyar la cogeneración de energías alternativas. [Sitio Web]. Cali. 14, Marzo, 2016. [Consultado, 14, Agosto, 2016]. Disponible en: http://caracol.com.co/emisora/2016/03/14/cali/1457913980_577496.html.</p>
	<p>Uso desechos caña de azúcar</p>	<p>DINERO. La biomasa, el recurso del futuro. [Sitio Web]. Cali. 22, Junio, 2016. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.dinero.com/economia/articulo/v-entajas-utilizar-biomasa-america-latina/217130.</p>

Cuadro 2. (Continuación)

PROPOSITOS IMPLEMENTACION DE LA BIOMASA	REVISIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Desarrollo industrial	Autoabastecimiento de las empresas por cogeneración	PORTAFOLIO. Vea el plan del sector cañero para aumentar la capacidad de generación de energías limpias. [Sitio Web]. Bogotá. 27, Marzo, 2016. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.portafolio.co/economia/infraestructura/sector-canero-le-apuesta-energias-limpias-2018-493109 .
	Autoabastecimiento de las empresas por cogeneración	PORTAFOLIO. Ingenio Providencia inaugurará planta de cogeneración de energía el próximo viernes. [Sitio Web]. Bogotá. 06, Noviembre, 2009. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.portafolio.co/economia/finanzas/ingenio-providencia-inaugurara-planta-cogeneracion-energia-proximo-viernes-355886 .
Fomento de las energías alternativas	Incentivos tributarios ley 1715 para implementación de Energías Alternativas	PORTAFOLIO. Vea el plan del sector cañero para aumentar la capacidad de generación de energías limpias. [Sitio Web]. Bogotá. 27, Marzo, 2016. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.portafolio.co/economia/infraestructura/sector-canero-le-apuesta-energias-limpias-2018-493109 .
	Incentivos tributarios, contables, técnicos y arancelarios ley 1715 para implementación de Energías Alternativas	SEMANA. Más ciencia para el cambio climático. [Sitio Web]. Bogotá. 20, Febrero, 2016. [Consultado, 14, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.semana.com/vida-moderna/articulo/cambio-climatico-lecciones-para-colombia/461226 .

Cuadro 2. (Continuación)

PROPOSITOS IMPLEMENTACION DE LA BIOMASA	REVISIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DE CASOS EN COLOMBIA	BIBLIOGRAFÍA
Aplicación de prácticas de producción más limpia en la industria	30 Compañías han aplicado la cogeneración en Colombia	<p>LA REPÚBLICA. Con planta de cogeneración, Riopaila Castilla suministrará energía a EPM y la comercializará a terceros. [Sitio Web]. Cali. 27, Agosto, 2015. [Consultado, 21, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.larepublica.co/con-planta-de-cogeneracion-riopaila-castilla-suministrar-energ-epm-y-la-comercializar-terceros.</p> <p>EL TIEMPO. Agricultores también podrán generar energía. [Sitio Web]. Cali. 22, Junio, 2016. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.eltiempo.com/colombia/cali/agricultores-podran-generar-energia/16626459.</p>
	Evita distorsiones en los gastos por fenómenos como El Niño	
	Genera un ahorro energético de 8% a 20%	
	Mejor eficiencia energética de las planta Industriales, menor intensidad energética y emisiones de gases	
	Manuelita ha aplicado la cogeneración en Colombia	

De acuerdo a lo plasmado en el cuadro 2, la obtención de energía eléctrica por medio del uso de la biomasa va en aumento con el pasar de los años, aunque no es correcto afirmar que ya es una energía alternativa consolidada debido a que se

encuentra en un periodo de transición que busca, en un futuro cercano, afirmarse como una alternativa seria a la hora de hablar de generación de energía. Respecto a los propósitos de la legislación colombiana alcanzados por el uso de la generación de energía a partir de la biomasa se observa que se ha logrado diversificar la canasta energética del país gracias sobre todo al apoyo del sector azucarero que ya envía energía excedente al sistema interconectado nacional.

La biomasa entonces comienza a minimizar la dependencia de los combustibles fósiles, en aquellas empresas que la están aplicando a través de la cogeneración para autoabastecerse energéticamente y de igual forma empiezan a minimizarse las emisiones de gases de efecto invernadero por la implementación de esta energía limpia. Gracias a la ley 1715 de 2014 se ha incentivado al sector privado para que implemente prácticas de producción más limpia que ayuden al crecimiento industrial del país, y del mismo modo aprovechen los desechos generados por sus fábricas dándole un plus adicional a su imagen corporativa.

3.2 BENEFICIOS SOCIOAMBIENTALES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA BIOMASA EN COLOMBIA

Con el fin de conocer los beneficios de la aplicación de la biomasa para obtener energía eléctrica en Colombia, se plantea la siguiente comparación de fortalezas y debilidades para los procesos de implementación de la biomasa en Colombia.

Con base en el cuadro 2, se realizó un análisis posterior que permitiera conocer las fortalezas y debilidades que trae consigo la implementación de la biomasa en Colombia. El cuadro 3 recopila los beneficios socioambientales que trae consigo la implementación de la biomasa como una fuerte alternativa de energía.

Para poder conocer tanto el estado actual de la biomasa en el país como los beneficios socioambientales de la implementación de la biomasa como fuente alternativa de energía en Colombia, se evaluaron siete aspectos que trae consigo la implementación de la biomasa mediante el uso de una herramienta de diagnóstico y análisis que permita identificar factores negativos y positivos, que permitan generar posibles estrategias que ayuden en el crecimiento de la aplicación de la biomasa en el país y contribuyan al desarrollo de las energías alternativas en el país.

Cuadro 3. Estudio de las fortalezas y debilidades de la implementación de la biomasa en Colombia.

ASPECTO A EVALUAR	FORTALEZAS	DEBILIDADES
Número de Empresas con implementación de Biomasa	30 Empresas diferentes a los ingenios con alto potencial para el mejoramiento de sus actividades industriales	No hay diversificación a otros sectores
Preparación frente a fenómenos naturales	Si la empresa aplica cogeneración	El ahorro por cogeneración es del 20%
Diversificación energética del país canasta	Aumento de tecnología energética del país	Requiere gran inversión inicial por falta de empresas especializadas en el país
Minimización dependencia de combustibles fósiles	Nuevas modalidades de generación de energía	Aporte solamente 78 MW de los 10000 MW que necesita el país
Minimización de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera	Ingenio tiene política de sostenibilidad ambiental	Alta Huella de Carbono
Aprovechamiento desechos agrícolas	Alternativa de uso para cultivos "inservibles"	Costo de transporte
Autoabastecimiento energético por biomasa	Ahorro de costos energéticos	Alta inversión inicial

En el cuadro 3 se puede detallar que el uso y la aplicación de la biomasa residual en el país es muy reciente, debido a que las inversiones realizadas para la implementación de sistemas de cogeneración a partir de la biomasa hasta ahora están produciendo resultados específicamente en el Ingenio Providencia S.A. Esto indica que aún se encuentra que el desarrollo de esta energía alternativa esta periodo de maduración. Es de vital importancia aclarar que alrededor de 30 compañías han logrado la implementación de la biomasa en sus procesos y que la cogeneración a partir de la biomasa ha logrado el autoabastecimiento de estas 30 compañías. Asimismo, cabe aclarar que la única compañía que ha logrado comercializar y distribuir energía en el país a partir de este tipo de cogeneración es el Ingenio Providencia S.A. Por último, es importante resaltar que la contribución de energía eléctrica al país es mínima, ya que solamente se envía 78 MW de los 1000 MW mensuales que necesita el país.

En cuanto a las fortalezas se pudo evidenciar que la implementación de la biomasa para la obtención de energía, ayudaría al país a estar preparado frente a coyunturas energéticas, como la presentada durante la presencia del fenómeno del niño tal como en los últimos años se ha presenciado en el país de manera severa. Tanto así que en el año 2016, la posibilidad de realizar un racionamiento eléctrico fue alto a fin de poder administrar los recursos energéticos según los requerimientos de los distintos sectores económicos del país. Por tanto, se espera que de cara al futuro el panorama de las energías alternativas, incluyendo el uso de la biomasa, ayuden a la diversificación energética del país y de esta forma minimicen la dependencia de combustibles fósiles. Así que la generación de nuevas tecnologías que ayuden al crecimiento tecnológico del país que contribuya a la disminución de gases de efecto invernadero fue el propósito de evaluación a través de la metodología propuesta.

Una de las debilidades más preocupantes en el país es el elevado costo de transporte para la biomasa agrícola, es preocupante saber que las únicas empresas que han aplicado la biomasa son las que dentro de sus procesos generan residuos orgánicos aprovechables. No hay empresas fuera de este gremio azucarero que implementen la cogeneración a partir del uso de la biomasa, debido a esto no existen casos exitosos en otros sectores productivos que hayan diversificado el autoabastecimiento de energía ni hay registros de que se realice en el futuro cercano. Este inconveniente se suma a la elevada inversión inicial que se necesita para la creación de plantas especializadas en la transformación de la biomasa, lo que hace que la implementación de la biomasa en el país no esté en un punto muy favorable de cara a futuro.

4. CONCLUSIONES

- Las energías alternativas en el país han crecido de manera sustancial, pero aún la canasta energética del país no ha logrado diversificarse de una manera satisfactoria. Es por esto que aún se ve afectado el suministro de energía cuando el país se encuentra en periodos críticos de generación, especialmente durante la presencia de períodos prolongados de sequía, relacionados con fenómenos naturales (por ejemplo, El Niño) o con el cambio climático.
- El propósito de implementación de la Biomasa residual agrícola para la generación de energía está dirigido al sector industrial especialmente, para el autoabastecimiento en primera instancia y con algunos excedentes enviados al sistema de interconexión de la red eléctrica nacional cuando estos se produzcan.
- La implementación de la biomasa en Colombia se relaciona con el desarrollo de fuentes de autogeneración, según la ley 1715 de 2014, ya que las empresas industriales encargadas de la producción de caña de azúcar están implementando la biomasa con el fin de autogenerarse energéticamente.
- Hay una diversificación del uso de la biomasa agrícola en el sector agroindustrial, debido a la motivación por los buenos resultados que ha dado el sector de caña de azúcar, particularmente el Ingenio Providencia S.A. Aunque esta diversificación no ha sido fruto de la aplicación de la normativa sino por los resultados obtenidos en los procesos de autogeneración de energía eléctrica por iniciativa de ciertos gremios productivos.

5. RECOMENDACIONES

- Para continuar con el estudio de la línea de desarrollo de la biomasa residual agrícola en Colombia, se deben generar nuevos estudios que muestren la autogeneración para otros residuos agrícolas diferentes a la caña de azúcar buscando información en los gremios respectivos.
- Se debe masificar la producción de energías alternativas que ayuden a la minimización de la emisión de los gases de efecto invernadero que producen los combustibles fósiles.
- Debe aumentarse la generación de energía renovable para las zonas remotas y no conectadas a la red nacional del país, para que puedan ser abastecidas las veredas, municipios, pueblos, fincas, etc., y se les proporcione así un servicio continuo y de buena calidad.
- La renovación de la canasta energética debe ser un camino arduo hacia la investigación y promoción de las diferentes fuentes de energías renovables, es por esto que el país debe aumentar la cantidad de proyectos de generación de energía a partir de fuentes alternativas, como la biomasa residual agrícola.

BIBLIOGRAFIA

CARACOL RADIO. Asocaña pide al gobierno apoyar la cogeneración de energías alternativas. [Sitio Web]. Cali. 14, Marzo, 2016. [Consultado, 14, Agosto, 2016]. Disponible en: http://caracol.com.co/emisora/2016/03/14/cali/1457913980_577496.html.

CARRASCO, Juan. Combustión Directa de la Biomasa. Master en energías renovables y mercado energético 2007-2008.

CENTRO VIRTUAL DE NOTICIAS DE LA EDUCACIÓN. UIS realizó el atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia. [Sitio Web]. [Consultado 15, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-269880.html>.

CERDÁ, Emilio. La biomasa en España: una fuente de energía renovable con gran futuro. Fundación Ideas, 2012.

CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 1715, "Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Colombia 2014.

DINERO. La biomasa, el recurso del futuro. [Sitio Web]. Cali. 22, Junio, 2016. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://www.dinero.com/economia/articulo/ventajas-utilizar-biomasa-america-latina/217130>.

EL ESPECTADOR. Industriales, a la espera de señales para aportar energía al sistema. [Sitio Web]. Bogotá 02, Marzo, 2016. [Consultado, 11, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/economia/industriales-espera-de-senales-aportar-energia-al-siste-articulo-619904>.

EL TIEMPO. Agricultores también podrán generar energía. [Sitio Web]. Cali. 22, Junio, 2016. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/colombia/cali/agricultores-podran-generar-energia/16626459>.

EL PERIODICO DE LA ENERGÍA. Las 10 mayores plantas de biomasa en el mundo. [Sitio Web]. España. 11, Enero, 2016. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://elperiodicodelaenergia.com/las-10-mayores-plantas-de-biomasa-del-mundo>.

ESCALANTE Hernández, H., Orduz Prada, J., Zapata Lesmes, H. J., Cardona Ruiz, M. C., Duarte Ortega, M. Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia. Bucaramanga: Ministerio de Minas y Energía. 2011.

LA REPÚBLICA. Con planta de cogeneración, Riopaila Castilla suministrará energía a EPM y la comercializará a terceros. [Sitio Web]. Cali. 27, 08, 2015. [Consultado, 21,08, 2016]. Disponible en: <http://www.larepublica.co/con-planta-de-cogeneraci%C3%B3n-riopaila-castilla-suministrar%C3%A1-energ%C3%ADa-epm-y-la-comercializar%C3%A1-terceros>.

LA REPÚBLICA. Con cogeneración, las empresas reducen 50% el gasto de energía. [Sitio Web]. Barranquilla. 06, Junio, 2014. [Consultado, 21, Agosto, 2016]. Disponible en: http://www.larepublica.co/con-cogeneraci%C3%B3n-las-empresas-reducen-50-el-gasto-de-energ%C3%ADa_153511.

PATIÑO, Pedro. Biomasa residual vegetal: tecnologías de transformación y estado actual. Bucaramanga. Septiembre 2014.

PÉREZ, Juan; BORGE, David; AGUDELO, John. Proceso de gasificación de biomasa: una revisión de estudios teórico–experimentales Biomass gasification process: theoretical and experimental studies a review. scielo. org. co, 2010.

PORTAFOLIO. Con incentivos, gobierno apoya la cogeneración de energía. [Sitio Web]. Bogotá. 10, Abril, 2013. [Consultado, 16, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://www.portafolio.co/negocios/empresas/incentivos-gobierno-apoya-cogeneracion-energia-67474>.

PORTAFOLIO. Ingenio Providencia inaugurará planta de cogeneración de energía el próximo viernes. [Sitio Web]. Bogotá. 06, Noviembre, 2009. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/ingenio-providencia-inaugurara-planta-cogeneracion-energia-proximo-viernes-355886>.

PORTAFOLIO. Sellan convenio para desarrollar energías limpias en el país. [Sitio Web]. Bogotá. 21, Junio, 2016. [Consultado, 15, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://www.portafolio.co/economia/gobierno/sellan-convenio-para-desarrollar-energias-limpas-en-el-pais-497925>.

PORTAFOLIO. Vea el plan del sector cañero para aumentar la capacidad de generación de energías limpias. [Sitio Web]. Bogotá. 27, Marzo, 2016. [Consultado, 13, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://www.portafolio.co/economia/infraestructura/sector-canero-le-apuesta-energias-limpas-2018-493109>.

SCHALLENBERG, R., et al. Energías Renovables y Eficiencia Energética. Instituto Tecnológico de Canarias, SA Primera edición. ISBN, 2008.

SEMANA. Más ciencia para el cambio climático. [Sitio Web]. Bogotá. 20, Febrero, 2016. [Consultado, 14, Agosto, 2016]. Disponible en: <http://www.semana.com/vida-moderna/articulo/cambio-climatico-lecciones-para-colombia/461226>.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

CABRERA, M., et al. Evaluación del potencial de energía de la biomasa. Estudio técnico PER 2011-2020.

CORPOEMA, Consorcio Energético. Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE). En: Bogotá, Septiembre 2010.

CORPOEMA, Consorcio Energético. Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE). En: Bogotá, Septiembre 2003.

FERNÁNDEZ, Jesús. Energía de la Biomasa. 2004): La energía en sus claves, Madrid, Fundación Iberdrola, 2004.

GARCÍA, Helena, et al. Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia. En: Bogotá: FEDESARROLLO.

GÓMEZ OLARTE, Leonel Alberto, et al. Evaluación energética en una planta de generación de energía eléctrica, a través de biomasa leñosa: vereda de Nueva Pampa corregimiento del Totúmo municipio de Necoclí-Antioquia. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Colombia.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Key world energy statistics. International Energy Agency, 2015.

MARTÍNEZ PONS, José Antonio. La Biomasa Como Fuente De Energía Renovable. En: Madrid, 2005.

NOGUÉS, Fernando Sebastián; ROYO HERRER, Javier. Ciclo Energías Renovables: Jornadas de Biomasa. Zaragoza, España: Fundación CIRCE, 2002.

QUINTERO, Quelbis. La remolacha forrajera como cultivo energético y viable para la producción de Bioetanol carburante en la sabana de Bogotá-Colombia. Universidad autónoma de Colombia, 2006.

SALVADOR, ARTURO ROMERO. Aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía alternativa a los combustibles fósiles. Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fís. Nat.(Esp), 2010.

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA, Potencialidades de los cultivos energéticos y residuos agrícolas en Colombia, En: Bogotá, Julio 2003

YOSHIOKA VARGAS, Ana Milena; ARANGO SANCLEMENTE, Sebastián; GUTIÉRREZ RINCÓN, Viviana Andrea. Análisis del ambiente competitivo del Clúster Bioindustrial del Azúcar en el Valle Geográfico del Rio Cauca: Desarrollo de retos. Sello Editorial Javeriano, 2015.