

# LOS RESIDUOS INDUSTRIALES DEL ASERRÍO DE LA MADERA COMO RECURSO ENERGÉTICO PARA VENEZUELA. ESTUDIO DE CASOS

*The industrial residues of the timber sawing as energetic resource for Venezuela. Study of cases*

JHONATTAN TREJO <sup>1</sup>, OSWALDO ERAZO <sup>2</sup>, AMANDA SOSA <sup>3</sup>, CARMEN FUENMAYOR, YOHAMA PUENTES <sup>4</sup>

<sup>1y2</sup> Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Mérida, Venezuela. Correo: [tjhonattan@ula.ve](mailto:tjhonattan@ula.ve) y [erazooswaldo@ula.ve](mailto:erazooswaldo@ula.ve). <sup>3</sup> University College Dublin. Escuela de Ingeniería de Biosistemas. Dublín, Irlanda. Correo: [amanda.sosa-avendano@ucdconnect.ie](mailto:amanda.sosa-avendano@ucdconnect.ie). <sup>4</sup> Universidad del Este de Finlandia. Facultad de Ciencias Forestales. Joensuu, Finland. Correo: [yohama.puentes@uef.fi](mailto:yohama.puentes@uef.fi)

Recibido Junio 2.017. Aceptado Noviembre 2.017

## Resumen

Se presenta un trabajo bajo un enfoque cualitativo, enmarcado en una base referencial documental, bajo el paradigma epistemológico del Estudio de Casos y alusivo con el uso de la biomasa residual como fuente generadora de energía alternativa en Latinoamérica y algunos aspectos relevantes a nivel mundial. Se hace énfasis en la biomasa residual producto de la industria del aserrío de Venezuela, contrastando los resultados de algunas investigaciones frente a valores referenciales publicados por instituciones oficiales en relación al parque industrial transformador de la madera en Venezuela, así como anuarios estadísticos disponibles del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Se describen algunos datos históricos importantes relacionados con la generación de electricidad en Venezuela a través de centrales termoeléctricas en los años 2.010, 2.011 y 2.012, sus consumos de combustible fósil (gasoil y fueloil), sus emisiones de dióxido de carbono elemental (CO<sub>2e</sub>) y la posibilidad real de reducir tales valores al incorporar como fuente de energía alternativa la biomasa residual que actualmente en Venezuela queda como pasivo ambiental producto de las actividades industriales del sector forestal venezolano.

**Palabras claves:** Biomasa residual, aserrado de la madera, energía alternativa renovable, generación de energía, sistema eléctrico nacional.

## Abstract

This research was done under a qualitative approach, framed in a referential documentary base, under the epistemological paradigm of the Study of Cases about the “Use of the residual biomass as generating source of alternative energy in Latin America and some relevant aspects worldwide”. Emphasis is put on biomass residuals originating in Venezuelan sawmill industry,

Jhonattan Trejo *et al.*

comparing the results of some investigations against reference values published by official institutions in relation to the Venezuelan transformer industrial park as well as statistical yearbooks available of the Electrical National System (SEN). Some important historical data related to electricity generation in Venezuela through thermoelectric plants are described in the years 2.010, 2.011 and 2.012. Its consumption of fossil fuel (diesel oil and fueloil), its emission of elementary carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and the real possibility of reducing such values on having incorporated as alternative source of energy the residual biomass that actually in Venezuela stays as environmental liabilities of the forest industrial activities.

**Key words:** Residual biomass, sawing timber, renewable alternative energy, energy generation, national electricity system.

## 1. Introducción

En Venezuela la industria del aserrío procesa la madera proveniente de las plantaciones forestales y bosques naturales para obtener la diversidad de piezas aserradas que abastecen el mercado nacional. En este proceso de transformación mecánica de la madera conocido como aserrado, del total del volumen de materia prima procesada, en promedio, la mitad es transformada en piezas aserradas (principales productos) y el resto en subproductos del aserrío, lo que implica que del 100 % de la madera que ingresa a los aserraderos, aproximadamente un 50 % es transformado en los productos programados para su comercialización y el otro 50 % en subproductos del aserrío de pequeñas partículas como el aserrín, astillas, virutas, corteza y subproductos de descarte como las costaneras, despuntes, piezas defectuosas, cortos y angostos.

Generalmente en las industrias forestales concebidas de manera integral, los subproductos del descarte (costaneras, despuntes, piezas defectuosas, cortos y angostos, son transformados en astillas para su manipulación, transporte y deposición fuera de las áreas de producción, con lo cual finalmente estos subproductos del aserrío se convierten en biomasa residual forestal.

## 2. Metodología

Debido a que Encinas & Pacheco (2.001) ya reportaban una carencia de información estadística confiable y oficial en relación con la disponibilidad y consumo de recursos energéticos de origen forestal y en la actualidad (15 años después) esa situación se mantiene vigente, lo cual condicionó este estudio tanto en el enfoque utilizado como al tipo y profundidad de esta investigación. Para ello, se recurrió a información oficial disponible, así como fue necesario tomar información puntual de industrias involucradas en el tema.

### 2.1 Enfoque de investigación, tipo y paradigma epistemológico

Esta investigación está enmarcada dentro de un enfoque cualitativo, inmersa en una metodología de carácter documental con una profundidad del tipo descriptiva, bajo la característica de Estudio de Casos, cuyo propósito es dar cuenta de la situación problema en términos de una lógica centrada en el análisis situacional de la posible utilización de los residuos de la industria del aserrado en Venezuela bajo comparaciones

con diversos casos.

## **2.2 Datos e información**

La recolección de datos e información se realizó a través de consultas de documentos oficiales divulgados por organismos públicos y reportes de investigaciones referidas a la producción de la madera aserrada, estudios e identificación de fuentes generadores de residuos industriales del aserrado de maderas en el estado Bolívar, así como experiencias exitosas del uso de la biomasa como vector energético en diferentes partes del mundo.

## **2.3 Triangulación como método de validación**

Para validar la información recabada, fue necesario triangular los datos como fuentes de información, tomando como nodos del método, la información disponible en Venezuela, Suramérica y los datos reportados en Europa referentes a la producción y el uso de la biomasa para la generación energética. De igual manera, se realizó una triangulación de investigadores, ya que en este estudio, los investigadores siempre estuvieron distanciados físicamente y en diferentes centros de investigación, colectando la información y realizando el análisis, para luego consolidarlo en un documento de trabajo.

# **3. Desarrollo y discusión**

## **3.1 La biomasa forestal y la disyuntiva del “carbono neutral”**

Actualmente, la biomasa residual forestal es una fuente de energía renovable ampliamente empleada a nivel mundial como una alternativa para la generación de energía en sustitución o complementación a la producida por las centrales hidroeléctricas, plantas nucleares, centrales termoeléctricas mediante combustibles fósiles, gas natural y el carbón mineral (Barrows, 2.015).

La energía a partir de la biomasa (bioenergía) es una forma interesante de aprovechar los residuos de la madera que quedan como subproducto del proceso de transformación, lo cual evita la acumulación progresiva de los residuos en las áreas productivas de las industrias, la deposición inadecuada en vertederos, la descomposición de los residuos expuestos al aire libre lo cual genera emisiones de CO<sub>2</sub>, incendios espontáneos o provocados que causan una diversidad de problemas ambientales y sociales a las comunidades adyacentes.

Es importante destacar que desde el punto de vista ambiental, el aprovechamiento energético de la biomasa está categorizada dentro de las energías renovables puesto que provienen de fuentes naturales renovables a diferencia de los combustibles fósiles, y también está enmarcada dentro de las energías alternativas sustentables puesto que no contribuyen con el aumento de los gases de efecto invernadero, ya que el balance de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera es considerado neutro (Velázquez, 2.006).

Durante el crecimiento de los árboles, se libera el oxígeno que respiramos y al mismo tiempo estos absorben CO<sub>2</sub> presente en la atmosfera mediante el proceso de

Jhonattan Trejo *et al.*

fotosíntesis, que en términos generales del agua, los nutrientes del sustrato, la luz solar y el CO<sub>2</sub> atmosférico producen entre otros, azúcares y glucosa que al llegar al cambium (Figura 1) a través del sistema circulatorio (floema) finalmente forman el xilema o madera.

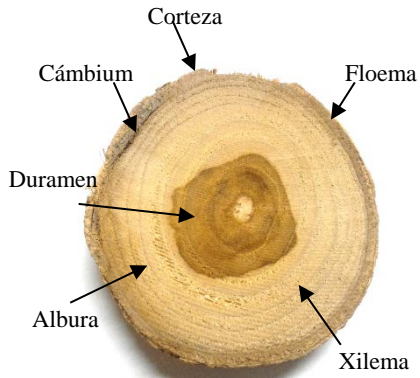


Figura 1: Principales tejidos que conforman el fuste de un árbol en un corte transversal.

Cuando estos árboles sobrepasan su madurez y mueren, se descomponen liberando a la atmósfera el CO<sub>2</sub> absorbido durante su crecimiento.

Por esta razón, la madera que ampliamente es empleada en la diversidad de usos como la construcción de viviendas, la fabricación de componentes de viviendas, la producción de muebles, entre otros, es considerada como un reservorio de carbono de larga duración que evita que este CO<sub>2</sub> absorbido retorne a la atmósfera por largos periodos de tiempo. Lo importante de este sistema, es el aseguramiento de nuevas plantaciones forestales que no solamente garanticen el suministro de madera a futuro en cantidad y calidad, sino que contribuyan con la captura del CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera, el cual es responsabilidad de la diversidad de las acciones antrópicas.

En contraposición, existen detractores del uso de la biomasa para la producción de energía, argumentando que el balance de carbono en este ciclo siempre es negativo en detrimento del ambiente, debido a que durante el establecimiento de las plantaciones forestales se emplean fertilizantes y plaguicidas de origen químico, se consume combustible fósil durante su establecimiento, cosecha y se emplea buena cantidad de energía durante el proceso de transformación de la madera en los productos terminados adicional a los residuos obtenidos.

Actualmente este punto en particular, es un centro de convergencia de debates a favor y en contra de su “Carbono Neutral” y formó parte de las discusiones de las energías renovables de la vigésima primera Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático realizada en el 2015 en París, Francia, también conocida como “París Clima 2015” (United Nations, s/f).

En este sentido, el Gobierno de los EEUU recientemente ha emitido pronunciamientos

a favor de la promoción del uso de las energías renovables como acción principal para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> por acción de las centrales eléctricas (la mayoría de estas operan con carbón mineral) las cuales se encuentran enmarcadas dentro del plan macro de energía limpia (*America's Clean Power Plan*) presentado por la Casa Blanca, en el cual fijan en 32 % la meta de reducción de las emisiones de carbono de las plantas de generación eléctrica para 2.030 en relación a los niveles del año 2.005.

Sin embargo, la *American Forest and Paper Association* (2.015), indica que aunque celebran y apoyan la medida, resaltan que se perdió una importante oportunidad para aclarar cómo la biomasa energética puede ser utilizada por los EEUU para contribuir con las metas de reducción de las emisiones, ya que resaltan, que de no utilizar estos residuos como fuentes generadoras de energías, también se liberarían emisiones de CO<sub>2</sub> pero no controladas y no aprovechadas, es decir, emisiones desperdiciadas al no aprovechar su valor energético que adicional a ello, contribuiría a reducir el consumo de otras fuentes energéticas más contaminantes como las fuentes fósiles (emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas).

Cabe destacar, que la madera es considerada el material de construcción de menor consumo energético requerido para su conformación al igual que es un material orgánico, renovable y biodegradable a diferencia de otros materiales de construcción tradicionales como el concreto, el acero y el aluminio, lo que ha favorecido que en diversos países de amplia vocación forestal, la madera sea el principal material de construcción dentro de sus programas habitacionales tanto públicos como privados, lo cual ha fomentado el aseguramiento y establecimiento de nuevas plantaciones forestales.

Adicional a esto, FAO (1.995) expresa que la utilización de los residuos generados por la industria del aserrío provoca un impacto positivo, puesto que el empleo de los mismos de forma adecuada, contribuye a disminuir la contaminación del medio ambiente. Ello, respecto a lo que ocurre actualmente con estos residuos, que en muchos establecimientos son quemados a cielo abierto con la pérdida de su energía y la consecuente contaminación del medio ambiente por falta de control de la combustión, lo que se manifiesta con una alta emisión de partículas y contenido importante de CO.

### **3.2 Uso de la biomasa forestal mundial**

La biomasa forestal residual, actualmente constituye un serio problema para las industrias transformadoras en diferentes partes del mundo y Venezuela no escapa ello, debido a su amplia acumulación y la falta de programas nacionales de promoción para un verdadero manejo de ese potencial recurso energético, convirtiéndose en un serio problema.

En Latinoamérica, el uso de la biomasa residual forestal como recurso energético y económico ha cobrado un auge cada vez más importante y en franco crecimiento dentro del total de las energías renovables actualmente disponibles.

Salas (2.012), destaca que en Latinoamérica solo 7 países aprovechan los residuos derivados del procesamiento de la madera para la generación de energía eléctrica, lo cual se corresponde con un aproximado de 37 % del total de países de América Latina.

Jhonattan Trejo *et al.*

En este sentido, Salas (2.012) expone que estos 7 países cuentan con un total de 29 plantas industriales para la generación de energía eléctrica mediante el uso de esta biomasa residual, las cuales se encuentran distribuidas en 8 plantas en Chile, 7 plantas en Argentina, 6 plantas en Uruguay, 5 plantas en Honduras, 1 planta en Bolivia, 1 planta en Brasil y 1 en Cuba.

Según IFLA (2.011) citado por Salas (2.012), las principales materias primas que abastecen estas 29 plantas industriales generadoras de energía eléctrica está constituida por residuos de aserraderos, residuos agroforestales, residuos forestal-industrial, residuos líquidos derivados de la industria papelera (licor negro) y las principales plantas de mayor relevancia en cada país de acuerdo a su capacidad de generación de energía eléctrica son:

- Argentina: Central Federación (residuos aserraderos) y Central Concordia (residuos agroforestales) con capacidad de generación de 25 MW (mega vatios) cada una.
- Bolivia: Azucarera San Javier (residuos agroforestales) con capacidad de generación de 1 MW.
- Brasil: Proyecto WSP-SIGAME (residuos aserraderos) con capacidad de generación de 30 MW.
- Chile: Arauco (residuos aserraderos) con capacidad de generación de 101 MW, Nueva Aldea 2 (licor negro) y Valdivia (licor negro) con capacidad de generación de 140 MW cada una.
- Cuba: Aserradero de Macurije (residuos foresto-industrial) con capacidad de generación de 1 MW.
- Honduras: BIOGEN (residuos aserraderos) con capacidad de generación de 15 MW.
- Uruguay: BOTNIA (licor negro) con capacidad de generación de 70 MW.

Una porción importante de estas 29 plantas tienen como objetivo principal la producción, elaboración y/o fabricación de productos forestales y agrícolas como la madera aserrada, pulpa y papel, procesamiento de la caña de azúcar, procesamiento del arroz, entre otros, que aprovechando su naturaleza transformadora no solo generan energía para sus propios procesos a partir de sus residuos, sino que logran contribuir con el sistema de generación nacional para uso residencial-doméstico.

Por otra parte, existen otra porción de estas plantas industriales cuyo objetivo primordial es la generación de la energía mediante el aprovechamiento de los residuos en forma de biomasa de otras empresas transformadoras, lo cual convierte a esta biomasa residual en un bien económico y comercial en lugar de un pasivo industrial.

Desde hace varios años, en Ecuador se desarrollan importantes proyectos energéticos

derivados del aprovechamiento de la biomasa, los cuales se han nutrido del vasto conocimiento, capacidad y experiencia en cuanto a la cogeneración de energía (eléctrica y térmica) a partir de los residuos azucareros y otros residuos agroforestales.

En el Salvador, ha sido creciente el interés y las inversiones en investigación y desarrollo (I+D) en el contexto de realizar la evaluación del potencial energético de la biomasa forestal, mediante la puesta en operación del sistema de análisis y procesamiento de información por imágenes satelitales, para evaluar tanto las condiciones reales como el comportamiento de los recursos energéticos locales en forma sistemática y actualizada.

Guatemala ha realizado importantes esfuerzos tecnológicos para impulsar la generación de energía eléctrica mediante el uso de fuentes alternativas, como la energía solar, eólica, hidráulica, geotérmica, la biodigestión anaeróbica para la producción de biogás, el bagazo de la caña y otros residuos agrícolas, al alcohol carburante como biocombustible, entre otros.

En Guatemala la cogeneración de energía proveniente de materiales biomásicos principalmente por la combustión del bagazo de caña, ha presentado una alternativa de ahorro de divisas, ya que los principales productos de importación del país son las gasolinas y otros derivados del petróleo.

Actualmente en Guatemala se han desarrollado 18 proyectos de energías renovables importantes, los cuales van a generar un total de 18 MW, entre unos generadores hidroeléctricos, solares y con biomasa. Se tiene previsto que las plantas comiencen operaciones para finales del año 2.016.

Por su parte México avanza en la consecución de proyectos estratégicos en el marco del uso y aprovechamiento de la biomasa y otras fuentes alternativas para la generación de energías renovables y sustentables, lo cual han proyectado para el período de años desde el 2.012 hasta el 2.020.

Este esfuerzo se ha llevado a cabo por iniciativa principal del Comité de Tecnología Geotérmica, Biomasa, Solar y Cogeneración Eficiente y el Gobierno Federal de los Estados Unidos Mexicanos en donde lograron integrar a más de 60 participantes entre organismos públicos, industrias, entidades financieras y expertos independientes para marcar el rumbo nacional en cuanto a la cogeneración eléctrica a partir de fuentes alternativas como los residuos forestales, residuos biomásicos como subproductos de los aserraderos, residuos de la concha de coco, aprovechamiento de rellenos sanitarios, entre otros.

En este sentido, México estima que con el desarrollo y aprovechamiento de su biomasa en el periodo comprendido entre el 2.012 – 2.020, logrará obtener aparte del suministro de megavatios como complemento a la red nacional, importantes beneficios macroeconómicos comprendidos por un considerable impacto sobre el PIB (aproximadamente 37.500 millones de pesos equivalente a más de 2.200 millones USD) y generando aproximadamente 31.000 empleos, incrementos en los ingresos tributarios anuales (Gobierno Federal de los Estados Unidos Mexicanos, 2.012).

Jhonattan Trejo *et al.*

En cuanto a los beneficios de sostenibilidad energética se estima que se logrará capturar aproximadamente el 8,6 % del potencial de abastecimiento en el sector energético de emisiones de CO<sub>2</sub> en el 2.020, logrando reducir en 5,4 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, reducción de las pérdidas por transporte y distribución en el sistema eléctrico nacional, se logrará reducir los incendios forestales, así como mitigar la degradación de los suelos y en consecuencia una importante reducción del flujo migratorio hacia los EEUU gracias a la mayor actividad económica y al empleo producto de la inversión en proyectos para el aprovechamiento integral de la biomasa (Gobierno Federal de los Estados Unidos Mexicanos, 2.012).

En el caso de Nicaragua, el uso de la biomasa como fuente de energía eléctrica es aún incipiente y no ha merecido la suficiente atención por parte de las instituciones del Estado, aun cuando ha sido objeto de importantes propuestas e informes elaborados por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), FAO, entre otras, y más aún cuando Nicaragua presenta un importante déficit energético a nivel nacional, lo que propicia un mercado favorable para otras fuentes de energía como las renovables.

El recurso energético biomásico mayormente empleado en Nicaragua es a partir del bagazo de la caña de azúcar, carbón vegetal, leña, astillas y combinaciones de estas. Sin embargo, diversas empresas nacionales hacen grandes esfuerzos para lograr incrementos de sus capacidades, ampliación y aseguramiento de las fuentes de suministro a través de plantaciones energéticas de rápido crecimiento con lo cual podrán aportar mayor dendroenergía a la red energética nacional, así como en regiones rurales aisladas carentes de electricidad.

En este sentido, en el año 2.015 se firmó un importante acuerdo entre importantes empresas (VIASPACE Inc. y AGRICORP) para el desarrollo, construcción y puesta en marcha de una planta generadora de energía eléctrica a partir de biomasa con capacidad de producción de 12 MW, lo cual pretende contribuir efectivamente al resto de sistemas generadores de energía para Nicaragua.

Panamá, a través de una cantidad de empresas públicas y privadas han venido haciendo uso de recursos energéticos del aprovechamiento del alcohol derivado del azúcar y la melaza de industrias procesadoras de la caña de azúcar, así como de la combustión de su bagazo, sin embargo la producción energética solo logra cubrir (a veces parcialmente) los requerimientos propios de sus procesos, lo cual no es desmeritable y actualmente se evidencia un creciente interés en el desarrollo de energías proveniente de biomasa residual.

En este mismo orden de ideas y a diferencia a lo tradicionalmente experimentado en Latinoamérica, en donde la utilización de la biomasa como fuente energética ha sido limitada a proyectos en desarrollos o países con mayor implementación que otros, sin lograr todavía un efecto conjunto de relevancia, aunque con creciente interés continental, en Europa ha prevalecido una mayor disposición al uso de la biomasa residual como importante recurso energético renovable desde hace más de 50 años y



con tendencia a la optimización de su uso.

Macicior (2.011) expresa que Europa apuesta por la biomasa en este siglo como gran alternativa de uso y sustitución a la energía fósil, resaltando que para el año 2.005 la cuota de generación de energías renovables fue para Suecia 39,8 %, Letonia 32,6 %, Finlandia 28,5 %, Austria 23,3 %, Portugal 20,5 %, Dinamarca 17 % y España 8,7 %. El objetivo de generación para el año 2020 es de Suecia 49 % (es decir un incremento de aproximadamente 23 %), Letonia 40 % (incremento de 23 %), Finlandia 38 % (incremento de 33 %), Austria 34 % (incremento de 46 %), Portugal 31 % (incremento del 51 %), Dinamarca 30 % (incremento del 76 %) y España 20 % (incremento aproximado de 1,30 veces al valor actual del año 2.005).

Nótese el franco crecimiento fijado como objetivo por cada país, los cuales están en perfecta concordancia con los acuerdos internacionales para la reducción de las emisiones de los gases del efecto invernadero respecto a los objetivos del 20/20/20 para el 2.020, así como los incrementos de los aportes de las energías renovables al consumo energético total de la Unión Europea según el Libro Blanco de Energías para el Futuro: Fuentes de Energías Renovables aprobado por la Comisión Europea y los Planes de Energías Renovables aprobados por cada Gobierno (Acciona Energy, 2.015 (b)).

Macicior (2.011) destaca que dentro de algunos datos económicos y sociales se pueden resaltar que el aprovechamiento anual propuesto (en Europa para los objetivos anuales fijados) de 10 millones de toneladas de biomasa aporta sólo en los trabajos de recogida, tratamiento y distribución del combustible, 10.000 puestos de trabajo, es decir, uno por cada mil toneladas de combustible. Estos trabajadores generan cotizaciones sociales y fiscales que no se producen con combustibles de importación como los derivados del petróleo procesado en otras latitudes, sino por recursos energéticos locales. El desarrollo de la biomasa permite generar nueve empleos inducidos por cada MW instalado. Más del 90 % del empleo generado con la promoción de la biomasa es rural y forestal. El 70 % de la inversión en biomasa se realiza con proveedores nacionales. Se evita la importación de algo más de 20 millones de barriles de petróleo, evitando una importante salida de divisas y se evita la emisión a la atmósfera de más de 8,7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año si se considera sustitución de fuel oil para usos térmicos. El costo de estas emisiones a 16 dólares por tonelada asciende a 140 millones de euros anuales.

### **3.3 Importantes referencias del aprovechamiento de la biomasa residual como recurso energético**

La empresa ACCIONA ENERGY, es una División de Energía del GRUPO ACCIONA (ACCIONA GROUP) con más de 20 años de experiencia en el sector y con presencia en más de 20 países como EEUU, Canadá, México, Costa Rica, Chile, Portugal, España, Italia, Grecia, Hungría, Polonia, Croacia, Australia, India, Sudáfrica, entre los principales y cuenta con más de 2.000 profesionales en su *know how*, que la convierte en uno de los líderes a nivel mundial en el ámbito de las energías renovables, abarcando desde tecnologías para la producción de aerogeneradores, plantas

Jhonattan Trejo *et al.*

termosolares, así como diversas plantas para la combustión de la biomasa residual (residuos agroforestales), la cual ha materializado importantes avances en la demostración de la factibilidad técnica y económica de un nuevo modelo energético guiado por criterios de sostenibilidad.

Una referencia del aprovechamiento de la biomasa agroforestal con fines energéticos renovables, expone Acciona Energy con su Planta Industrial ubicada en Sangüesa, Navarra, España, la cual tiene una capacidad instalada de generación de 30,2 MW de potencia, a través de la combustión de la paja residual del aprovechamiento del cereal cultivado en la región (Sangüesa) como mejor se puede apreciar en las Figuras 2 y 3 (Acciona Energy, 2.015 (b)).



Figura 2: Empacado de la biomasa (paja) en el campo. Acciona Energy, 2015 (b).



Figura 3: Transporte de la biomasa en camiones. Acciona Energy, 2015 (b).

Esta planta aprovecha alrededor de 160.000 toneladas de paja al año como combustible, logrando producir 200 GWh (giga vatios por hora) al año, equivalente a 60.000 hogares de la región, es decir, casi el 5 % del consumo eléctrico de Navarra en el 2005 solo de la paja del cereal, sin embargo, se prevé la incorporación de residuos madereros como ampliación de su capacidad de generación (Acciona Energy, 2.015 (a)).

Este ejemplo del aprovechamiento de la biomasa residual descrito, es un reseña importante de algunas acciones llevadas a cabo en España, sin embargo, queda como

una referencia modesta si se compara con la experiencia acumulada que lleva Finlandia en cuanto a la utilización de la biomasa como vector energético, siendo considerada como la cuna de las plantas de biomasa.

Es por ello que Finlandia cubre con solo biomasa residual el 50 % de sus necesidades de calor y el 20 % del consumo de energía primaria, encontrando que el 65 % de las plantas industriales generadoras de energía a partir de la biomasa más grandes del mundo están en Finlandia (Rodríguez, 2014) para la cogeneración de energía a partir de biomasa residual (Figura 4). En este sentido, en concreto sumando 6 plantas finlandesas generan más de 950 MW de capacidad instalada.



Figura 4: Planta de energía de biomasa Alholmens Kraft de 265 MW. Rodríguez, 2014.

Las principales plantas generadoras en Finlandia son:

- Planta Alholmens Kraft de 265 MW, operativa desde el 2.002 y consume biomasa residual forestal y licor negro de la industria papelera.
- Planta Kymijärvil II de 160 MW, operativa desde el 2.013 y consume biomasa residual forestal, residuos recuperados de papel, cartón y plásticos.
- Planta Vaasa de 140 MW, operativa desde el 2.013 y consume biomasa residual forestal.
- Planta Wisapower de 140 MW, operativa desde el 2.004 y consume licor negro de la industria papelera y biomasa residual forestal.
- Planta Kaukaan Voima de 125 MW, operativa desde el 2.010 y consume biomasa residual forestal.
- Planta Seinäjoki de 125 MWm operativa desde 1.990 con actualización tecnológica en el 2.013 y consume biomasa residual forestal.

Jhonattan Trejo *et al.*

Otra referencia importante al respecto, son los esfuerzos que actualmente se está realizando en Irlanda en relación a la biomasa como fuente de energía y es precisamente no sobre la posibilidad de usar o no la biomasa como fuente energética, sino en concreto estudian las formas de optimizar la cadena de suministro con la finalidad de reducir los costos de transporte de la biomasa al mínimo (Sosa, 2.010), así como desarrollar metodologías para controlar y optimizar la carga útil de los camiones con biomasa y los factores de conversión del volumen sólidos a granel (Sosa, 2.015), Figura 5.



Figura 5: Transporte y descarga de biomasa en Irlanda. Sosa, 2010.

### 3.4 La biomasa residual como recurso energético para Venezuela

Smith (2014) detalla que en un estudio realizado a través del Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA) y la Universidad Nacional Experimental de Guayana (UNEG) para el Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica, se exploró la disponibilidad de biomasa residual en 87 aserraderos ubicados en los estados con tradición de aserrío, obteniendo como resultados que en el año 2.011 se generaron 178.962 m<sup>3</sup> de biomasa residual los cuales fueron quemados a cielo abierto y/o dispuestos en vertederos municipales, obviando el verdadero valor de dicho recurso.

La Asociación Nacional de Pequeños y Medianos Industriales del Pino (ANIP) informaron en reunión sostenida en mayo del 2.016 entre el Laboratorio Nacional de Productos Forestales y parte de las Industrias Forestales de Venezuela que para el año 2.015 la ANIP produjo 200.000 m<sup>3</sup> de residuos en forma de biomasa, lo cual es un problema para ellos.

La principal empresa maderera nacional y administradora de las plantaciones de Pino caribe, Maderas del Orinoco, antiguamente CVG PROFORCA, reporta en sus planes de manejo y comercialización que abastece a la Pequeña y Mediana Industria (PyMI) nacional con aproximadamente 750.000 m<sup>3</sup> rollizos/año de Pino caribe como materia prima para el sector transformador primario (aserraderos). Esto implica que partiendo del principio de un rendimiento promedio estimado del 50 %, se obtiene alrededor de 370.000 m<sup>3</sup>/de residuos de madera y tomando como referencia el factor de conversión de m<sup>3</sup> sólidos a m<sup>3</sup> granel determinado por Sosa (2015) de 0,66 se estima una cantidad superior a los 500.000 m<sup>3</sup> granel de biomasa residual disponible cada año solo del aserrío del Pino caribe venezolano.

En Venezuela según MPPI (2.011), existen registradas (formalmente establecidas) un total de 385 empresas transformadoras, entre Transformadoras Primarias (Aserraderos) y Transformadoras Secundarias (Carpinterías), las cuales en su conjunto generan subproductos biomásicos. Sin embargo, considerando solo las Transformadoras Primarias (aserraderos) en dicho directorio se registran un total de 137 industrias del aserrío.

Esta información (MPPI, 2.011) al igual que la expresada tanto por Smith (2.014) como la expresada por la ANIP, evidencia que existe una importante cantidad de biomasa residual que no está siendo aprovechada y muy al contrario, está pasando a ser un pasivo ambiental, lo cual es un pesar, debido al verdadero potencial energético y económico presente en esos subproductos.

Por otra parte, Encinas & Pacheco (2.001) detallan que Venezuela siendo un país con abundantes fuentes energéticas primarias, para el 2.001 tenía definidas sus políticas en materia hidroeléctrica, petróleo, gas natural y carbón mineral, sin embargo no poseía una política definida para mejorar la eficiencia en el uso de ellas y no había prestado atención al potencial de la biomasa con fines energéticos para la nación.

En la actualidad (2.016) Venezuela presenta dentro del Plan de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2.013 – 2.019 (MPPEE), establece dentro de sus Políticas y Programas, impulsar un cambio en la matriz de fuentes de generación de electricidad favoreciendo el uso de energías limpias, destacando la necesidad de expandir los parques eólicos, los sistemas fotovoltaicos, las centrales mini hidroeléctricas y el establecimiento de centrales de biomasa en el sistema eléctrico nacional para dicho periodo.

Al observar los anuarios estadísticos del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) presentado por la Corporación Eléctrica Nacional (CORPOELECT), se aprecia que en cuanto a la Capacidad Instalada Total de Generación del SEN para el 2.010 fue de 24.838 MW, con un aporte de las Energías Renovables de 1,89 MW (0,0076 % del total generado) conformada únicamente por los Sistemas Fotovoltaicos y un aporte de las Plantas Térmicas de 10.216 MW (41,13 % del total generado), para el año 2011 fue de 25.704 MW, con un aporte de las Energías Renovables de 3,65 MW (0,014 % del total generado) conformada por los Sistemas Fotovoltaicos y los Sistemas Híbridos (combinación de tecnología eólica-fotovoltaica y diésel) y un aporte de las Plantas Térmicas de 11.082 MW (43,11 % del total generado) y para el 2012 fue de 27.723 MW, con un aporte de las Energías Renovables de 32,50 MW (0,12 % del total generado) con la incorporación de Sistemas Aerogeneradores adicional a los Sistemas Fotovoltaicos y los Sistemas Híbridos y un aporte de las Plantas Térmicas de 13.022 MW (46,97 % del total generado).

En cuanto el consumo de combustible para las Plantas Térmicas de Generación, el cual está constituido por Gasoil y Fueloil, fue para el 2.010 de 3.992,72 MM l (millones de litros) de gasoil y 2.656,85 M ton (miles de toneladas) de fueloil con emisiones totales (gasoil + fueloil) de 17.162 M ton CO<sub>2e</sub> (miles de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente), para el 2.011 de 4.095,47 MM l de gasoil y 2.512,73 M ton de fueloil con emisiones totales

Jhonattan Trejo *et al.*

de 17.021 M ton CO<sub>2e</sub> y para el 2.012 de 5.376,53 MMl de gasoil y 2.426,76 M ton de fueloil con emisiones totales de 17.162 M ton CO<sub>2e</sub> (CORPOELECT).

Esto implica, que considerando solo la biomasa residual de los aserraderos, se puede llegar a instalar por lo menos una planta generadora de energía eléctrica a partir de biomasa similar a la referenciada de Acciona Energy ubicada en Navarra, España, con capacidad entre 25 a 30 MW de capacidad instalada, bien sea para duplicar la participación de las energías renovables reportadas en el 2.012 al SEN o para reducir los consumos de combustible de las plantas térmicas y por ende reducir las emisiones de CO<sub>2e</sub>, al aprovechar un material remanente subutilizado.

#### **4. Conclusiones**

Venezuela cuenta con un parque industrial transformador de la madera que genera una importante cantidad de biomasa residual forestal, la cual actualmente es descartada sin algún tipo de uso y control para evitar los efectos contaminantes producto de su quema o degradación en vertederos.

Según la Corporación Eléctrica Nacional (CORPOELEC), la capacidad instalada del sistema eléctrico nacional viene incrementando año tras año, aumentando la participación porcentual de la generación de energía eléctrica a través de plantas térmicas operadas por la combustión de gas natural, gasoil y fueloil (unidades turbo gas, turbo vapor y ciclo combinado), así como incrementos en la generación de energía eléctrica a través de fuentes alternativas y renovables, predominada por los aerogeneradores y en menor participación los sistemas fotovoltaicos, excluyendo en los reportes algún tipo de generación proveniente de biomasa.

Existe la intención de incorporar centrales generadoras de electricidad a través del aprovechamiento de la biomasa según lo establece el Plan de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2.013 – 2.019, pero actualmente es una propuesta algo tímida y difícil de lograr, ya que en el año 2.016 no se referencia algún proyecto de inversión concreto en ejecución para tal fin a escasos 3 años de la culminación del plan.

Al incorporar centrales generadoras de energía a partir de la biomasa, se logrará aumentar la participación de las fuentes alternativas renovables al SEN, se logrará reducir progresivamente el consumo de combustibles fósiles y en consecuencia las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes responsables de las lluvias ácidas y del cambio climático en general.

La biomasa residual (forestal y agrícola) tiene un valor económico y comercial a nivel mundial que la convierte más que en un pasivo, en un recurso aprovechable por las industrias generadoras o por nuevas industrias dedicadas a la comercialización de dicha biomasa, con lo cual se podrá obtener importantes divisas de un recurso que actualmente es descartado de forma inadecuada.

#### **5. Recomendaciones**

Desarrollar una base de datos sobre los tipos y cantidades de residuos biomásicos energéticamente utilizable en Venezuela (forestales y agrícolas), así como su localización geográfica, que facilite el desarrollo de la ingeniería de proyectos con energías alternativas renovables, el desarrollo de modelos de transporte y el estudio económico y financiero, para su efectiva incorporación al SEN o comercialización a mercados energéticos internacionales.

## 6. Referencias

- ACCIÓN ENERGY. 2.015 (a). *Un operador global de energías renovables*. (Consultado el 21 de agosto de 2.015). En línea. Disponible en: [http://www.accionenergia.es/quienes\\_somos/la\\_compa%C3%B1a.aspx](http://www.accionenergia.es/quienes_somos/la_compa%C3%B1a.aspx)
- ACCIÓN ENERGY. 2.015 (b). *Planta de biomasa de Sangüesa*. (Consultado el 1 de septiembre de 2.015). Folleto técnico informativo de la Planta de Biomasa por combustión de paja en Sangüesa, Navarra – España. Disponible en: [http://www.accionenergia.es/areas\\_actividad/biomasa/instalaciones/plantasanguesa/planta-de-biomasa-de-sanguesa-\(25-mw\).aspx](http://www.accionenergia.es/areas_actividad/biomasa/instalaciones/plantasanguesa/planta-de-biomasa-de-sanguesa-(25-mw).aspx)
- AMERICAN FOREST AND PAPER ASSOCIATION. 2.015. *Paper, Wood products manufacturers: Clean Power Plan Continues Uncertainty Regarding Biomass Energy*. (Consultado el 8 de agosto de 2.015). Washington – EEUU. Disponible en: <http://www.afandpa.org/media/news/2.015/08/05/paper-wood-products-manufacturers-clean-power-plan-continues-uncertainty-regarding-biomass-energy>
- BARROWS, BOB. 2.015. *Management of wood ash generated from biomass combustion facilities*. Department of environmental quality. State of Oregon University.
- CASARAVILLA, GONZALO. 2.011. *La generación eléctrica en base a biomasa en el Uruguay*. (Consultado el 15 de agosto de 2.015). Montevideo, Uruguay. Disponible en: [http://www.ahkbrasil.com/upload\\_arq/Presentaci%C3%B3n\\_Biomasa\\_Casaravilla.pdf](http://www.ahkbrasil.com/upload_arq/Presentaci%C3%B3n_Biomasa_Casaravilla.pdf)
- CORPOELEC. Corporación Eléctrica Nacional. *Anuario Estadístico del Sistema Eléctrico Nacional 2.010, 2.011 y 2.012*. (Consultado el 29 de agosto de 2.015). En línea. Disponible en: <http://www.corpoelec.gob.ve/generaci%C3%B3n>
- ENCINAS OSVALDO & PACHECO FRANCISCO. 2.001. *Estudio sobre madera para energía en Venezuela. Proyecto sobre información y análisis para el manejo forestal sostenible: integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países tropicales de América Latina*. Grupo de Investigación y Conservación de Maderas. Universidad de Los Andes.
- FAO. Food and Agriculture Organization. 1.995. *Reunión sobre generación de electricidad a partir de biomasa*. (Consultado el 19 de agosto de 2.015). Dirección de productos forestales. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/T2363S/T2363S00.htm>
- GOBIERNO FEDERAL DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. 2.012.

Jhonattan Trejo et al.

*Iniciativa para el desarrollo de las energías renovables en México. Energía de la biomasa.* (Consultados el 10 de agosto de 2015). Disponible en: [http://sener.gob.mx/res/0/D121122 %20Iniciativa %20Renovable %20SENER\\_Biomasa.pdf](http://sener.gob.mx/res/0/D121122%20Iniciativa%20Renovable%20SENER_Biomasa.pdf)

MACICIOR, IGNACIO. 2011. La biomasa forestal: retos y oportunidades. (Consultado el 29 de agosto de 2015). *Asociación Nacional de Empresas Forestales (ASEMFO)*. Madrid, España. Disponibles en: <http://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/47770-La-biomasa-forestal-retos-y-oportunidades.html>

MPPEE. Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica. *Plan del Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2013 – 2019*. (Consultado el 29 de agosto de 2015). En línea. Disponible en: <http://www.mppee.gob.ve/planes/>

MPPI. Ministerio del Poder Popular para las Industrias. (2011). *Directorio Nacional de Industrias Forestales*. Dirección General de Industrias Madereras. Venezuela. [Consultado: 18 de julio de 2011] Disponible en: <http://www.mibam.gob.ve/portal/downloads/dirforestal/dirforestal.pdf>

RODRÍGUEZ, EUGENIO. 2014. *Las plantas de energía de biomasa más grandes del mundo*. (Consultado el 31 de agosto de 2015). Fieras de la Ingeniería. En línea. Disponible en: <http://www.fierasdelaingenieria.com/las-plantas-de-energia-de-biomasa-mas-grandes-del-mundo/>

SALAS, GERMAN. 2012. Estimación de la biomasa residual seca de origen forestal del estado Bolívar como materia prima para la obtención de energía eléctrica. (Informe de Pasantías). *Universidad Nacional Experimental de Guayana (UNEG)*. Bolívar, Venezuela.

SMITH, SUSAN. 2014. Aprovechamiento de la biomasa residual seca, una alternativa para la generación local de energía eléctrica en Venezuela. (Consultado el 7 de agosto de 2015). *Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA)*. Disponible en: [http://www.ifla-ve.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=120:-aprovechamiento-de-la-biomasa-residual-seca-una-alternativa-para-la-generacion-local-de-energia-electrica-en-venezuela&catid=1:latest-news](http://www.ifla-ve.org/index.php?option=com_content&view=article&id=120:-aprovechamiento-de-la-biomasa-residual-seca-una-alternativa-para-la-generacion-local-de-energia-electrica-en-venezuela&catid=1:latest-news)

SOSA, AMANDA. 2010. Wood Biomass Transport in Ireland. (Consultado el 25 de agosto de 2015). *Forest Energy Research Programme 2010-2014*. En línea. Disponible en: <http://www.forestenergy.ie/transport.html>

SOSA, AMANDA. 2015. Improving Log Loading Efficiency for Improved Sustainable Transport within the Irish Forest and Biomass Sector. *Sustainability Journal*. 7(3), 3.017-3.030.

VELÁZQUEZ, MARTÍ. 2006. Situación de los sistemas de aprovechamiento de los residuos forestales para su utilización energética. *Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*. 15(1), 77-86.



Residuos industriales de aserrío como recurso energético...

UNITED NATIONS. *Climate Change Newsroom*. (Consultado el 10 de agosto de 2.015).  
En línea. Disponible en: <http://newsroom.unfccc.int/>