

DISPONIBILIDAD DE BIOMASA COMO FUENTE DE PRODUCTOS QUÍMICOS Y ENERGÍA EN CABINDA, ANGOLA

BIOMASS AVAILABILITY AS CHEMICAL PRODUCTS AND ENERGY SOURCE IN CABINDA, ANGOLA

David Muto Lubota^{1}, Gilberto Hernández Pérez², José Fernando B. do Rosario¹,
Binko Mamade Toure³ y Julio Pedraza Garciga⁴*

¹ Universidad "11 de Noviembre", Angola

² Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a
Carajuaní km 5 y ½ Santa Clara, Cuba

³ Universidad Nzerokere; Guinea

⁴ Departamento de Ingeniería Química. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Recibido: Febrero 15, 2014; Revisado: Abril 18, 2014; Aceptado: Mayo 2, 2014

RESUMEN

El objetivo del trabajo es determinar la disponibilidad de la biomasa para la producción de bioenergéticos en Cabinda, Angola. Metodológicamente se concibió mediante la investigación, revisión de documentos, observación directa, entrevista, estudio de campo y el análisis llevado a cabo en instituciones, empresas, industrias y áreas de cultivo que constituyen gran fuente de biomasa residual en el territorio de Cabinda. Como principales resultados se presenta un análisis detallado de la disponibilidad de la biomasa agrícola y agroindustrial existente, donde se tiene en cuenta el potencial productivo de la floresta, así como la clasificación de la biomasa, la determinación del potencial uso de sus principales componentes, y la distribución geográfica de la biomasa residual agrícola y agroindustrial para determinar posteriormente las principales alternativas para la producción de energía y productos de mayor valor agregado (etanol, biodiesel, hidrógeno, biogás, bioelectricidad, etc.) a desarrollar en Cabinda, Angola, por tal motivo se concluye que la biomasa residual disponible en Cabinda se clasifica en: residuos forestales, residuos madereros industriales, residuos industriales, suficiente cantidad para ser fuente de productos químicos y energía, constituyendo es estudio la antesala para la estrategia para el aprovechamiento de la biomasa como fuente de productos químicos y energía.

Palabras clave: Energía; biomasa residual, bioenergéticos, coproductos

Copyright © 2014. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

* Autor para la correspondencia: David Muto Lubota, Email: marciodeivy@yahoo.com.br

ABSTRACT

The aim of the study was to determine the availability of biomass for bioenergetics production in Cabinda, Angola. Methodologically, this paper was conceived through research, document review, direct observation, interviews, field survey and analysis conducted in institutions, companies, industries and farming areas that are great source of residual biomass in the territory of Cabinda. As main results, we present a detail analysis of the availability of existing agricultural and agro biomass, which takes into account the productive potential of the forest, and the classification of biomass, determining the potential use of its main components, and presents geographical distribution of agricultural and agroindustrial waste biomass to further determine the main alternatives for energy production and higher value-added products (ethanol, biodiesel, hydrogen, biogas, bio-electricity, etc..) to develop in Cabinda, Angola. For such reason, we conclude that the residual biomass available in Cabinda is classified as forest residues, industrial wood waste, and industrial waste. This is enough to be a source of chemicals and energy, so, this study is the prelude to the strategy for the use of biomass as source of chemicals and energy.

Key words: Energy; residual biomass, bioenergetics, by-products

1. INTRODUCCIÓN

La tendencia actual hacia la obtención de productos y energía a partir de fuentes renovables plantea problemas potenciales que deben ser evaluados cuando se intenta proponer alternativas viables, pues el uso de la biomasa en cualquiera de sus manifestaciones para biocombustibles o coproductos químicos presenta limitaciones o más bien barreras u obstáculos a superar para su empleo.

Por sus características físicas-químicas y caloríficas, la biomasa puede ser una materia prima para la producción de energía (calor y electricidad), de biocombustibles y de productos químicos alternativos a los producidos a partir de los recursos no renovables (petróleo, gas y carbón), (IDAE;2007).

El concepto de que la biomasa es fuente de productos químicos y energía ha estado siempre presente en el pensamiento científico, no obstante, debemos reconocer que siempre se ha valorado con la visión parcial de utilizar algunas de sus partes en destinos específicos y no con una concepción de uso integral de la biomasa.

Una forma de resolver la tricotomía alimento-biocombustibles-productos químicos es considerar que si destinamos preferentemente la tierra para producir alimentos, al tener más alimentos, tendremos más desechos agroindustriales, es decir, más alimentos más desechos que se traducen en biomasa lignocelulósica; siendo entonces la utilización de los desechos agroindustriales, materiales lignocelulósicos, una oportunidad de resolver la tricotomía.

Los materiales lignocelulósicos, formados por tres componentes principales: celulosa, hemicelulosas y lignina son los polímeros más abundantes en la naturaleza. De entre ellos, la madera constituye la mayor de las reservas, seguida por los residuos agrícolas y, en tercer término, los cultivos especiales para la producción de biocombustibles. Una

importante fuente de biomasa a nivel mundial lo representan las materias fibrosas o lignocelulósicas producidas en la actividad forestal-maderera y agrícola (FAO, 2008).

Lo anterior lleva a proponer el análisis del uso óptimo de un recurso renovable en la producción de un insumo energético determinado sin perder de vista la posible generación de coproductos de alto valor añadido en procesos tecnológicos en que se aprovechen los logros que nos lega la naturaleza, en su maravilloso proceso de transformación de la materia primas.

Una premisa importante es ver el aporte de los biocombustibles líquidos, conjuntamente con otras fuentes renovables de energías, solamente como una necesidad de incorporarlos a la matriz energética de cada país en su justa medida, o sea, una contribución, sin olvidar y resolver los problemas ambientales de los biocombustibles; es decir, por un lado se debe tener conciencia de que los agrocombustibles no van a sustituir a los combustibles fósiles y no habrá “pozos” de biocombustibles y por otro no se pueden repetir los errores de falta de vigilancia del impacto ambiental (Ley et al; 2009) que ya se cometieron con el uso de los combustibles fósiles.

El desarrollo de la Ciencias y la Técnica debe permitirnos enfrentar con éxito este reto a la humanidad. Ante cualquier obstáculo, lo primero que debemos definir con exactitud es el objetivo a alcanzar y las restricciones para lograrlo, por ello debe estar bien definido que deben buscarse soluciones a los problemas de alimentación y energéticos de la sociedad en su conjunto, sin agredir el medio ambiente, por lo que el problema a resolver es de múltiples objetivos, siendo una realidad que no podemos desconocer, como han demostrado las ciencias contemporáneas, que no se puede alcanzar el máximo en todas las respuestas de un sistema de múltiples funciones, por lo que una solución de compromiso tendrá que ser la meta a alcanzar.

Siendo uno de los problemas esenciales para el uso de la biomasa como materia prima, la incertidumbre en la disponibilidad de la biomasa para agrocombustibles y coproductos químicos de alto valor agregado, (Oquendo y González, 2001) (Pérez et al, 2008) es de obligado pensamiento considerar cual es la disponibilidad real de biomasa en una región determinada en estudio.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de investigación que se utilizó para la ejecución del trabajo realizado se ejecutó con un enfoque mixto al utilizar tanto el análisis cualitativo como cuantitativo de la información, estuvo encaminada a caracterizar la biomasa utilizando a su vez técnicas tales como: la observación directa mediante estudios de campo, análisis de documentos, diagnostico entrevista llevadas estas a cabo en instituciones, empresas, industrias y áreas de cultivo que constituyen gran fuente de biomasa residual en el territorio de Cabinda, lo que tiene como antecedentes metodológicos otros trabajos de igual o mayor alcance realizados en Iberoamérica (Esteban, 2004), (Carmona, R, Urzua, 2013). Para determinar el potencial productivo de una foresta en su concepto relativo y variable en el tiempo y en el espacio, en función de las necesidades de la sociedad humana, relativamente a los beneficios que vienen de la floresta y en función de su composición en especies. (I.D.F, 2013), determinar la disponibilidad de biomasa existente en el territorio, el potencial uso de las mismas, su clasificación y la distribución geográfica de la biomasa residual agroindustrial en Cabinda, así como su

crecimiento dinámico para evaluar acertadamente las capacidades iniciales es de las instalaciones de procesamiento industrial y su posible crecimiento según la experiencia existente .

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Características generales de la región objeto de estudio

La provincia de Cabinda está situada al norte de Angola, es un territorio de costa Atlántico Africana con cerca de 7.300 kilómetros cuadrados, tiene frontera terrestre al norte con la República del Congo Brazzavile, en una extensión de 196 kilómetros, al Nordeste, Este y Sur con la república de Congo Democrático con 153 y 100 kilómetros respectivamente y al Oeste con el Océano Atlántico y tiene el Río Chiloango, el mayor río de la provincia con una extensión 168 quilómetros. El territorio de Cabinda posee un clima tropical húmedo en toda su extensión con precipitaciones anuales que llegan a los 800 mm, y una temperatura media anual que ronda entre los 25 a 30° C.

Según la carta Fito-geográfica de Angola elaborado por el Instituto de investigación científica en 1974, en el territorio del país pueden definirse 32 tipos y subtipos de vegetación natural.

En Cabinda, en particular se identifican 4 tipos de formaciones forestales:

- Foresta densa húmeda de neblina.
- Foresta densa húmeda.
- Mosaico de foresta mixta en tierra firme de la sabana;
- Manglar arbóreo o arbustillo.

A continuación se describen cada formación forestal.

Foresta densa húmeda de neblina

Sempervirente, poliestrata, de baja altitud (Alto Maiombe), ocupando cerca de 7,4% de superficie total de la provincia, o sea, 539 Km², de los cuales 80% constituidos de foresta productiva (aproximadamente 431 Km²) para el Tipo 1.

Floresta densa húmeda

Semidecídua, poliestrata, de baja altitudes, pereguineense (Alto Maiombe), extendiéndose sobre 36,9% de la superficie de la provincia, y representa 2.676 Km², siendo la parte productiva correspondiente a 70% (aproximadamente 1880 Km²) para o tipo 2.

Mosaico de floresta mixta en tierra firme de la sabana

Sub-litoral, constituí el 55% de superficie de la provincia, que corresponde el 4.011 Km² para o Tipo 10.

Manglar arbóreo o arbustillo

En el litoral (*Rhizophora*, *Avicennis*) específica para ambientes de transición entre agua dulce y salada, representa el 0,6% de superficie de la provincia, que equivale al 44 Km², no adecuada para la producción, que corresponde a un tipo.

Cerca de 7,300 Km² que constituye la superficie territorial de Cabinda, la foresta productiva representa 34,55% (aproximadamente 2,512 Km² y se encuentra localizada principalmente, en la parte nordeste de la provincia, gran parte del maciso forestal de Maiombe se extiende a los territorios de los países vecinos (República Democrática del

Congo y República del Congo). Todavía existen algunos macizos forestales de diferentes dimensiones, dispersos por toda la extensión del territorio.

3.2. Dinámica del crecimiento de la floresta

Según el Instituto de Desenvolvimiento Forestal (2013), la floresta de Maiombe con sus 300.000 hectáreas aproximadamente, crece en una media de 4×10 toneladas al año en biomasa bruta o su equivalente a $4.400.000 \text{ m}^3$ / año. Pero la biomasa considerada útil para la producción de madera, en valor comercial, o sea, retirando la biomasa bruta, es la parte correspondiente a aquellas especies cuya utilización todavía se desconoce y los desperdicios de exploración forestal (gajos, madera defectuosa, cepos, etc.) es aproximadamente 1×10 Kg/año, equivalente a 100.000 m^3 de madera. La tasa de crecimiento de la floresta es de $0,3 \text{ m}^3$ / hectáreas /año, para la floresta del tipo I, $0,5 \text{ m}^3$ /he/año para floresta de tipo X.

Tabla 1. Dinámica de crecimiento por tipo de floresta

<i>Tipo de floresta</i>	<i>Dinámica de crecimiento</i>	<i>Crecimiento en orden</i>
Foresta tipo I	$10 \text{ m}^3/\text{hect}$ 43.100.000 hectáreas	$431.000 \text{ m}^3/\text{año}$
Foresta tipo II	$10 \text{ m}^3/\text{hect}$ 188.000 hectáreas	$1880.000 \text{ m}^3/\text{año}$
Foresta tipo X	$15 \text{ m}^3/\text{hect}$ 21.000 hectáreas	$315.000 \text{ m}^3/\text{año}$
Total		$2.626.00 \text{ m}^3/\text{año}$

Fuente: Elaboración propia

La dinámica de crecimiento y el comportamiento de la exploración forestal permite afirmar que estas reservas son sensiblemente mayores, dado que existe un crecimiento acumulado y no explorado por lo menos durante 9 años entre 1974 y 1983 y, en los últimos 15 años, porque la floresta continua con su crecimiento en el orden dos $100.000 \text{ m}^3/\text{año}$, y la media general de la madera explorada no sobrepasa los $50.000 \text{ m}^3/\text{año}$ en estos 24 años.

La dinámica del crecimiento de una floresta está dada por el crecimiento de los elementos dendrométricos (diámetro, área basal, altura, y volumen) de sus componentes arbóreos conjugados con otros factores ecológicos. El número de árboles es también un parámetro cuyo conocimiento permite inferir u obtener resultados sobre los otros elementos antes señalados.

Tabla 2. Valor Medio en Parcelas

<i>Valor Medio</i>	<i>Cantidad por Hectáreas</i>
Media general	305 árboles/hectáreas
Media de la floresta virgen	332 árboles/hectáreas
Media de la floresta explorada	243 árboles/hectáreas
Valor máximo	372 árboles/hectáreas (área virgen)
Valor mínimo	207 árboles/hectáreas (área explorada)

Fuente: Elaboración propia

En términos de volumen se obtienen valores de $494 \text{ m}^3/\text{hectáreas}$ con 369 árboles e $442,2 \text{ m}^3/\text{hectáreas}$ con 365 árboles, lo que nos lleva a considerar que la floresta es altamente productiva, a pesar de estar sustentada por suelos ferralíticos y para

ferralíticos considerados químicamente pobres. Esta productividad puede ser atribuida a las condiciones hidrográficas de estos suelos dadas su textura, estructura y buena capacidad de retención de agua. El sub-bosque es generalmente rico en vegetación, tanto en especies madereras como en especies herbáceas.

Los residuos generados en la foresta pueden llegar en valores de 30 a 35% del volumen de madera para fines industriales y de este valor, el 5% del volumen se destina para fines energéticos tradicionales. En términos de volumen se obtienen valores de 494 m³/hectáreas con 369 árboles e 442,2 m³/ hectáreas con 365 árboles, lo que nos lleva a considerar que la foresta es altamente productiva.

En relación a la regeneración natural de especies productoras de madera con diámetro inferiores a 10 cm. el trabajo de evaluación de floresta determinó que una media de 58 mil semillas, germina por hectárea en cada año y solamente llegan a desarrollarse cerca de 4.300 plantas. Nótese un cierto equilibrio entre las especies de valor comercial y otras que tienen pocos o ningún uso.

Exploración forestal

La tasa de crecimiento anual y los imperativos que se desprenden con la protección de la foresta permiten en condiciones normales una exploración de un volumen anual de 100.000 m³, lo que representaría un perfecto equilibrio entre la exploración y la tasa de crecimiento anual de la foresta.

Históricamente la provincia de Cabinda es una de las provincias de Angola potencialmente fuerte en la producción de madera, lo cual permite que tenga más aserraderos en comparación con otras regiones del país(SPI, 2013).

En términos cuantitativos, la provincia cuenta con cinco aserraderos de grandes dimensiones, existiendo otras no legalmente establecidas, que generalmente son consideradas aserraderos artesanales, como se ilustra en la Tabla 3.

Tabla 3. Aserraderos de la Provincia de Cabinda

<i>Nº</i>	<i>Aserradero</i>	<i>Tipo de actividad</i>	<i>Barrio</i>
1	Aserradero HAL, Lda	Aserradero madera	Cabassango
2	Complexo Pau Rosa	Aserradero madera	Cabassango
3	Lutshia Comércio Geral	Aserradero madeira	Belize
4	Abílio de A. e Filhos, Lda	Aser. e Mob. mad	L-Lombo
5	Aserradero IMACOL, Lda	Aser. e Mob. mad	Lucola

Fuente: Elaboración propia

3.3. Carpintería de Muebles

Existen 18 carpinterías de muebles, como se ilustra en el siguiente cuadro, Secretaria Provincial de la Industria (2011).

Tabla 4. Cantidad de Carpinterías de Muebles en la provincia de Cabinda

<i>Nº</i>	<i>Carpintería de Muebles</i>	<i>Actividad</i>	<i>Barrio</i>
1	Arnaldo J. da Costa Futi	Caixilharia	1º de Maio
2	Marc. e Carp. Miguel Baza	Mob. Madeira	1º de Maio
3	Marc. João Mª Dinga	Mob. Madeira	1º de Maio
4	Marc. Afonso Pitra	Mob. Madeira	1º de Maio
5	Marc. Byina Fiti	Mob. Madeira	1º de Maio

6	Carp. Porto Rico	Caixilharia	Gika
7	Marc. Daniel Tona	Mob. Madeira	Gika
8	Marc. M. Graça Ambrósio	Mob. Madeira	Gika
9	Marc. David Ducrok	Mob. Madeira	Gika
10	Marc. Fernando Tembo	Mob. Madeira	Gika
11	Marc. Deodoné Ndamba	Mob. Madeira	Gika
12	Paixão Pedro	Mob. Madeira	Gika
13	Carp. Org. Capita	Mob. Madeira	Aresistência
14	Marc. P. Mabanza	Mob. Madeira	4 de Fevereiro
15	CEMAN, Lda	Mob. Madeira	Tenente C. kimba
16	Omar Lda	Mob. Madeira	L-Lumbo
17	Marc. Patrício Zau	Mob. Madeira	Cabassango
18	Marc. C. Afonso	Mob. Madeira	Chinfuca (Cacongo)

Fuente: Elaboración propia

Las carpinterías ofrecen otras oportunidades, generadas por los residuos madereros, como es el caso de costaneras, aserrín fino y grueso, como materia-prima que han sido estudiados como fuente de bioetanol (Castro et al 2011) y para la combustión gasificación (Matiauda, 2011) (de León Benítez et al , 2011). (Matiauda, 2012).

3.4. Residuo agrícola herbáceo y leñoso

Según la secretaria provincial de agricultura (S.P.A.C.) en (2013), la provincia presenta condiciones favorables para la producción de residuos agrícolas, debido a la actividad principal de la población rural que es la agricultura (cultivo de la tierra): cultivos leñosos (árboles frutales), residuos de cultivos de cereales y incluso se utilizan los residuos de otros cultivos como por ejemplo las palmas que como sea demostrado en numerosos estudios es fuente de materias primas para biodiesel (Chuan et al; 2007) (González et al, 2008) (Apostolakou et al, 2009), con una germinación y desenvolvimiento acelerado debido al clima caliente, húmedo y bien distribuido durante todo el año.

Durante la pesquisa, se identificaron dos variedades de palmeras en la provincia de Cabinda:

Variedad híbrida Tenera: son aquellos palmares que presentan mayor producción de palmiche (dendé). Los frutos con un tamaño medio, y su mesocarpio mayor, por ser su semilla pequeña y tiene mayor capacidad de producir aceite de palma.

Variedad híbrida Dura: son aquellos palmares tradicionales que crecen espontáneamente, su palmiche (dendé) presenta un tamaño mayor, y su mesocarpio es menor, por ser su semilla de mayor tamaño, presentan menor capacidad para producir aceite de palma.

Por tanto existen dos tipos de palmares en Cabinda:

- Palmar plantado;
- Palmar espontáneo.

Existen cuatro granjas coloniales de palmares plantados, localizados en las siguientes regiones de la provincia:

Palmar Tshukissi: localizado en la comuna de Massabi, municipio de Cacongo, considerado el mayor de la provincia, con 500 hectáreas; **El Palmar Pinto da Fonseca:** localizado en la comuna de Necuto, municipio de Bucu-Zau, siendo considerado la primera granja creada en Cabinda por un blanco portugués de nombre Pinto da Fonseca, por eso, recibe el mismo nombre, con 270 hectáreas;

Palmar do Sassa-Zau localizado en la comuna de Malembo, con 117 hectáreas; el **Palmar Sócoto** localizado en la comuna de Dinge, municipio de Cacongo, con 169 hectáreas.

El palmar plantado presenta mayor capacidad de producción de desdén durante el año, en relación al palmar espontáneo. El desdén de un palmar plantado presenta dimensiones mayores, pues su mesocarpio es mayor y tiene mayor capacidad de producir el óleo de palma.

Según la Secretaría Provincial de Agricultura en Cabinda (SPAC), que en cada un hectárea contiene 140 palmares y la distancia entre cada palma es de 10 metros.

A continuación se muestra las cantidades de palmares por hectárea y su localización.

Tabla 5. Cantidades de palmares por hectárea y su localización

<i>Nº</i>	<i>Granjas</i>	<i>Localización</i>	<i>Hectáreas</i>	<i>Ctd. de Palmares</i>
1	Sassa-Zau	Cabinda	117	16.680
2	Sócoto	Cacongo	169	23.660
3	Tchuquisi	Cacongo	500	70.000
4	Pinto da Fonseca	Buco-Zau	270	37.800
Total			1056	148140

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro que se muestra a continuación se ilustran las distancias entre las granjas lo que es de interés para los estudios de macrolocalización de instalaciones productoras de biodiesel.

Tabla 6. Distancias entre granjas

	<i>Sassa-Zau</i>	<i>Sócoto</i>	<i>Tchuquisi</i>	<i>Pinto de Fonseca</i>
Sassa-Zau	0	20	34	67
Sócoto	20	0	34	44
Tchuquisi	34	34	0	54
Pinto de Fonseca	76	44	54	0

Fuente: Elaboración propia

Los palmares espontáneos, se concentran en toda la extensión de la provincia con mayor predominio en los municipios de Bucu-Zau y Belize, en las comunas de (Necuto, Miconge), Cacongo (Massabi) y Cabinda (Tando-Zinze). Las tres comunas mencionadas presentan palmares espontáneos de mayor relevancia en relación a otras regiones de la provincia.

3.5. Clasificación de la biomasa residual agroindustrial disponible en Cabinda

Residuo, significa cualquier sobra de una acción o proceso productivo, que son acumulados o descartados en el ambiente y potencialmente capaces de generar problemas ambientales. La biomasa residual disponible en Cabinda se clasifica en: residuos forestales, residuos madereros industriales, residuos agroindustriales:

3.5.1. Residuos forestales

Procedentes de diversos tratamientos, generados y dejados en la floresta debido a las actividades de colecta de madera. Este concepto engloba todo el material resultante de la exploración de madera y que permanecen sin utilización definida, Son considerados residuos forestales los siguientes materiales:

- Cáscara;
- Gajos;
- Copas con diámetro inferior al mínimo comercial;
- Árboles enfermos;
- Árboles muertos;
- Tocos;
- Raíces;
- Hojas secas.

Los residuos generados en la floresta pueden llegar en valores de 30 a 35% del volumen de madera para fines industriales y de este valor, el 5% del volumen se destina para fines energéticos tradicionales. I.D.F (2013).

Los residuos forestales son: leña, carbón vegetal, aserrín de madera, gajos y hojas secas a partir de las podas de árboles. Ese tipo de residuos tienen características 100% naturales, presentan alta densidad de carbonización al fuego, es un material orgánico sólido, y absorbe fácilmente el agua.

Los árboles presentan características físicas diferentes, son leñosas, presentan células de grandes dimensiones, en general denominadas bolos, que crecen en diámetro de año en año, dada a la diversidad de especies de los árboles ya referidas, este material presenta gran diversidad en cuanto a su color, peso, resistencia al pudrimiento y al fuego, y otros factores diferenciadores.

Ellos presentan las siguientes características:

Sólidas;

Humedad relativa > 50% de rolos caídos;

Humedad relativa entre los 30% – 45% de gajos;

Alta capacidad de combustión;

100% Naturales;

Alta densidad de carbonización al fuego;

Absorbe fácilmente el agua;

Resistencia al pudrimiento y al fuego;

Ciertos árboles presentan colores: rojo, castaño oscuro y claro, amarillo y blanco;

Células de grandes dimensiones;

Volatilidad;

Los residuos agroindustriales, presentan las siguientes características:

- Sólidas;
- Alto contenido de humedad;
- Humedad relativa < 25 % de las cascara secas de varios cultivos;

3.5.2. Residuos industriales madereros

El procesamiento de los bolos para la producción de tablas, vigas, tablones y otras piezas, son responsables en la generación de residuos maderero industriales. Por otro lado, la calidad de los bolos, las especies utilizadas en el sistema de aserrado, las condiciones de maquinaria y la calificación de mano de obra también interfieren directamente en el volumen de residuos generados. Aproximadamente representan el 35% y de 25 a 30% que se aprovechan para uso comercial. Destacándose los siguientes residuos:

- Costaneras;
- Aparas;
- Piezas descartadas,
- Destopos;
- Aserrín grueso;
- Polvo de Lijamiento;
- Corteza;
- Aserrín fino

3.5.3. Residuos agroindustriales

Según la secretaria provincial de agricultura (S.P.A) en (2011), la provincia presenta condiciones favorables para la producción de residuos agrícolas, entre los que podemos citar: palmares espontáneos y plantados, que para la realidad de Cabinda de acuerdo con la potencialidad, solamente se obtiene el palmiche (dendé) que puede ser usado como materia prima para la producción de productos químicos de alto valor agregado. El palmiche (dendé) es compuesto de dos camadas, una externa que se llama mesocarpio que produce óleo de palma y la camada interna designada como núcleo.

Ellos presentan las siguientes características:

- Sólido, alto contenido humedad;
- Polvo, hr 25%;
- Sólido, humedad moderada;
- Sólido, HR 55%;
- Líquido
- Líquido grasoso

3.6. Distribución geográfica de la biomasa residual agroindustrial en Cabinda

3.6.1. Residuos forestales

La mayor parte del territorio de Cabinda es ocupada por la floresta de clima ecuatorial lluvioso y húmedo (floresta densa húmeda). Esta formación vegetal se extiende prácticamente sin interrupción por todo el territorio, al nordeste de una línea que pasa en las proximidades de Panga-Mongo y de la Granja Ventura, constituyendo un macizo forestal, conocido por floresta de Maiombe, y se encuentra dispersa en toda la extensión de la provincia. La segunda mayor floresta tropical del mundo, después de amazonas en América do sur.

La provincia de Cabinda alberga aproximadamente el 45% del gigante forestal. Según la Secretaria Provincial da Industria (2013).

3.6.2. Aserraderos

Los aserraderos se localizan en diversos barrios y municipios (ver mapa). El aserradero HAL Lda. Localizada en el barrio Cabassango, en las mediaciones de rotunda y las instalaciones y el Instituto Superior de Ciencias de Educación, El Complejo Pau Rosa situado en el mismo barrio en la misma área, el aserradero Lutshia Comercio General, localizada en el municipio de Belize, junto al Río Lufo, de los Abílio & Filhos Lda., que se encuentra en el barrio Lombo-Lombo junto a las instalaciones de la Tienda Emaxicom y la Iglesia Evangélica bien como las bombas de combustible de Sonangol, el de IMACOL Lda., localizada en el barrio Lucola, junto a las instalaciones de EMCICA y la escuadra provincial de la Policía Fiscal.

3.6.3. Carpinterías de muebles

Según la Secretaria Provincial de Industria (2011), cuanto a las carpinterías, las más conocidas y licenciadas son: carpinterías Arnaldo J. da Costa Futi, MARC. Miguel Baza, João M^a Dinga, Afonso Pitra y la carpinterías Byina Fiti, todas localizadas en el barrio 1^o de Mayo, municipio sede.

Las carpinterías, Porto Rico, Daniel Tona, M. Graça Ambrósio, David Ducrok, Fernando Tembo, Deodoné Ndamba y Paixão Pedro, todas localizadas en el barrio GICA. La carpintería Organizações Capita, se localiza en el barrio Aresistência. La carpintería Patrício Zau localizada en el barrio Cabassango. La carpintería OMAR Lda. se Localiza en el barrio Lombo-Lombo, La carpintería CEMAN, situada en el barrio Tenente C. Kimba y finalmente la carpintería Carlos Afonso, ubicada en el barrio Chinfuca del Municipio de Cacongo.

3.6.4. Residuos agrícolas y agroindustriales

Aunque el volumen de los residuos generados en la producción agrícola sea muy elevado (en el orden de centenas de millones de toneladas anuales) una parte relativamente pequeña sería aprovechable hoy para energía hoy debido a la ausencia de tecnología/costos adecuados de la recolección y el transporte. Existen, sin embargo, diversos estudios analizando el potencial de numerosos residuos agrícolas para la producción de biocombustibles, considerando aspectos de logística y uso actual (si ya son normalmente retirados del campo. (Mutola et al; 2013).

Según Secretaria Provincial de Agricultura (2013), la realidad específica de la parcela territorial de Cabinda, posee una tierra fértil para la germinación y desenvolvimiento de los productos agrícolas. En caso de la palma, cuantitativamente se encuentra proliferado en toda la extensión de la provincia, y se clasifican en dos grandes grupos:

Palmares plantados “las granjas coloniales” Palmares espontáneos.

De una forma genérica se puede observar en el mapa la distribución geográfica de la biomasa residual agroindustrial.

3.7. Determinación del potencial uso de los principales componentes de la biomasa residual agroindustrial en Cabinda

Según el Instituto de Desenvolvimiento Forestal y la Secretaria Provincial de la Agricultura, (2013), el uso de los principales componentes de la biomasa residual

disponible en el territorio de la provincia más noroeste de Angola, todavía sigue siendo de forma tradicional.

Para la misma fuente, los residuos como la madera en su forma directa, leña y sus derivados como el carbón vegetal que son combustibles vitales para preparar los alimentos en un enorme número de familias, y comunidades en diversas regiones de Cabinda. Estímesese que cada seis familias, dos utilizan la leña y/o el carbón vegetal como principal fuente de combustible.

Según lo anteriormente analizado, el problema que se abordó vinculado al aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía, implica resolver la limitante de la: Inexistencia, de la determinación de la disponibilidad de la biomasa, que permitirá elaborar alternativas para la producción de bioenergéticos en la zona de Cabinda, Angola. Se plantea que entre los bioenergéticos que se toman como alternativas se señalan: bioetanol, biogás, biodiesel, bioelectricidad, biohidrógeno (Romano; 2005).

Existiendo para ello todo un potencial biomásico con un alto grado de subutilización, lo cual permite generar cualquier proyecto de energía renovable y la obtención de productos y subproductos de mayor valor agregado, entre otras opciones, posibilidad esta que se debe aprovechar una ya demostrada la disponibilidad de la biomasa en Cabinda, desarrollada por los autores y en cuya implementación no deberán olvidarse las experiencias internacionales de colaboración sur sur para la asimilación de tecnologías de obtención de combustibles (González et al, 2008).

No obstante, para la industrialización de la producción de biocombustibles en Cabinda habrá que superar las siguientes limitaciones:

1. Difícil acceso a zonas forestales montañosas durante la investigación.
Lo que obligará a profundizar en los problemas de transportación y macrolocalización de las instalaciones transformadora de la biomasa residual en bioenergía o bioproductos.
2. Inexistencia de estudios previos en Cabinda que permitan facilitar la asimilación de tecnologías.
Lo que obliga a la ejecución de estudios de factibilidad y selección de tecnologías disponibles en el contexto científico y tecnológico internacional.
3. Inexistencia de proyectos de investigación por parte de instituciones académica del territorio que apoyen las acciones de asimilación de tecnología de frontera.
Lo que obliga a identificar las tecnologías más promisorias para ser asimiladas y crear grupos de trabajo con colaboración científica internacional colaborativa para que estas acciones sean ejecutadas en el menor tiempo posible, en lo que la colaboración de la comunidad científica internacional puede ser decisivo (Muto; 2012).

4. CONCLUSIONES

1. En Cabinda, particularmente, se identifican con abundancia de variedades, 4 tipos de formaciones forestales: floresta densa húmeda de neblina, floresta densa húmeda, mosaico de floresta mixta en tierra firme de la sabana, manglar arbóreo o arbustillo, así como los palmares espontáneos y los plantados, considerando que existe un potencial suficiente de materia prima disponible en esta región.

2. Los residuos generados en la floresta pueden llegar en valores de 30 a 35% del volumen de madera para fines industriales y de este valor, solo el 5% del volumen se destina para fines energéticos tradicionales, por lo que sin afectaciones a los insumos tradicionales se cuenta con disponibilidad de materias primas para energía y coproductos químicos.
3. En términos de volumen se obtienen valores de 494 m³/hectáreas con 369 árboles de 442,2 m³/ hectáreas con 365 árboles, lo que nos lleva a considerar que la floresta es altamente productiva, contando así con materia prima suficiente para llevar a cabo el proceso de inversión y la posibilidad de trabajar en un programa de reposición de la floresta en la medida que se vayan utilizando con diferentes propósitos.
4. Los residuos generados en una cadena productiva de aserraderos pueden constituir una fuente también de energía y productos químicos y su uso coadyuva a resolver los problemas de los desechos sólidos en el municipio de Cabinda.
5. La distribución de la floresta en las diferentes regiones de la provincia, obligan a optimizar los problemas de la transportación, macrolocalización y tamaño de las instalaciones transformadoras de biomasa en energía y coproductos químicos.
6. Por su abundancia y macrolocalización debe prestarse atención al uso de la Palma Africana como fuente de biodiesel y coproductos químicos, por lo que será necesario profundizar en las alternativas tecnológicas y los procedimientos con este propósito.

REFERENCIAS

- Apostolakou, A.A., Kookos, I.K., Marazioti, C., Angelopoulos, K.C. Techno-economic analysis of a biodiesel production process from vegetable oils., *Fuel Processing Technology*, No. 90, 2009, pp. 1023-1031.
- Carmona, R, Urzua, A. Caracterización de biomasa leñosa con fines energéticos disponibles en Chile. ISBN:978-956-19-0837-6. Proyecto INNOVA-Chile, Santiago de Chile, 2013.
- Castro Galian, E.; Acosta Sánchez, D., Cara Corpas, C., Mesa Garriga, L., Moya, M., González Suárez, E., Study on pine sawdust as raw material for ethanol production., TP2.A3ISAF: International Symposium on Alcohol Fuels, Verona, Italy. October 10th 14th, 2011.
- Chuan, C.W., Ani, F.N. The economic evaluation of the production of oil palm., *Journal Teknologi* Vol. 46(A), 2007, pp. 43-52.
- De León Benítez, J. B.; González Suárez, E.; Matulanda, M., Fragmentación primaria en la combustión en lecho fluidizado de pellets de aserrín. *Afinidad*, Vol. 68, No. 553, 2011, pp. 210-214.
- Esteban Pascual, L. S., Pérez Ortiz, P., Ciria Ciria. P., Carrasco Garcia. J. E., Evaluación de los recursos de biomasa forestal en la provincia de Soria, Análisis de alternativas para su aprovechamiento energético., Edit. CIEMAT. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y tecnológicas, 2004.

- FAO, Bosques y energía, Cuestiones Claves, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma ISSN 1014-2886, 2008.
- IDAE, Energía de la biomasa Manuales de energías renovables 2, Madrid, Enero 2007.
- IDF, Informe anual del Instituto de desenvolvimiento florestal en Cabinda, 2013.
- SPI. Informe Anual de la Secretaria Provincial da Industria de Cabinda, 2013.
- González Suárez, E. González Cortés, M., Mesa Garriga, L., Villanueva Ramos, G., Romano, S. D., García Alaric, R., Contribución de la vigilancia tecnológica a la formulación de proyectos de nuevas tecnologías para la producción de biocombustibles / 54. Centro Azúcar No 2, 2008.
- González Suárez, E. Galián, C. E., de León Benítez, J. B., Saborido Loidi, J. R. Posibilidades de producción de biocombustibles por medio de la colaboración en nuevas tecnologías Sur- Sur a través de un Parque Tecnológico / 93 Centro Azúcar No. 4, 2008.
- Ley Chong, N. González Suárez, E., Mesa Garriga, L. Las premisas para asimilar nuevas tecnologías de procesos químicos a partir de estudio de laboratorios en etapas de pretratamiento e hidrólisis de materiales lignocelulósicos., Tecnología Química, Volumen XXIX, N° 3, 2009.
- Matiauda, M.; de León Benítez, J. B., González Suárez, E., Freaza, N., Rivero, M., Galpert Cañizares, D., Fragmentación primaria en la combustión en lecho fluidizado de pellets de serrín.
- Matiauda, M., de León Benítez, J. B., González Suárez, E., Freaza, N., Rivero, Combustión en lecho fluidizado de pellets de aserrín., Centro Azúcar, Vol, 39, No. 4, pp. 1-6, 2012.
- Matiauda, M., de León Benítez, J. B., González Suárez, E., Freaza, N., Rivero, M., Estudio preliminar a escala de planta piloto de la combustión en lecho fluidizado de pellets de aserrín., Centro Azúcar, Vol. 38, No.2, 2011, pp.55-61.
- Muto Lubota; D., González Suárez, E., Concepción Toledo, D. N., Mesa Garriga, L., González Herrera, I. Y., Necesidad y posibilidad de colaboración de la comunidad científica sur – sur en la transferencia de tecnologías para el aprovechamiento de la biomasa como fuente de productos químicos y energía., Universidad 2012. La Habana, 2012.
- Muto Lubota, D.; Concepción Toledo, Diana N.; Hernández Pérez, Gilberto; Mesa Garriga, Layanis; Díaz Curbelo, Alina; Fernando do Rosario; González Suárez, Erenio, González-Herrera, Inti., Colaboración de la Comunidad Científica Sur - Sur para usar la biomasa como fuente de productos químicos y energía, ISBN: 978-959-270-293-6.
- Oquendo Ferrer, H., González Suárez, E., Aplicación de la programación lineal para determinar la macrolocalización de una planta de alcohol en Camagüey., Centro Azúcar, No.2, pp.23-26, 2001.
- Pérez Martínez, A., Oquendo Ferrer, H. y González Suárez, E., Metodología para la macrolocalización de plantas de la industria de procesos, considerando la incertidumbre y la integración de estos / 43. AÑO 35 Centro Azúcar No 3, 2008.
- SPAC. Informe Anual de la Secretaria Provincial de Agricultura en Cabinda, 2013.
- Romano, D., González, E., Laborde, M., Combustibles Alternativos, Ediciones Cooperativas, Buenos Aires, II Edición 2006. 181. ISBN: 987-1076-77-0