UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

06/04/16
BIBLIOTECA CENTRAL
U N U

POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CAÑA (*Saccharum officinarium* L) Y CACAO (*Theobroma cacao* L) EN LAS PROVINCIAS DE PADRE ABAD Y CORONEL PORTILLO, REGIÓN UCAYALI; 2015.

TESIS PARA OPTAR EL TITULO
DE INGENIERO AMBIENTAL

BACH. JUAN ARTURO RUIZ RUIZ.

Pucallpa – Perú
2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 26

En la ciudad de Pucallpa siendo las 11:00 a.m. del día 28 de diciembre del 2015, se reunieron en la SALA DE GRADOS Y TITULOS de la Universidad Nacional de Ucayali, los miembros del Jurado Calificador integrados por los siguientes docentes:

Dr. Carlos Panduro Carbajal	Presidente
Dr. Marco Antonio Chota Isuiza	Miembro
Lic. Desiderio Vásquez Plácido	Miembro

Para proceder a evaluar la sustentación de la tesis titulada "**POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CAÑA (*Saccharum officinarium* L) Y CACAO (*Theobroma cacao* L) EN LAS PROVINCIAS DE PADRE ABAD Y CORONEL PORTILLO, REGIÓN UCAYALI; 2015**"; presentado por el Bachiller **JUAN ARTURO RUIZ RUIZ.**

Terminada la exposición se procedió con el rol de preguntas por los miembros del jurado, siendo absueltas satisfactoriamente por el sustentante, razón por la cual la tesis fue aprobada por **UNANIMIDAD,** quedando el tesista apto para optar el título de Ingeniero Ambiental, no sin antes corregir las observaciones hechas por jurado calificador para su posterior publicación.

Siendo las 12:20 p.m. del mismo día, se dio por terminado dicho acto académico.

Dr. Carlos Panduro Carbajal
Presidente

Dr. Marco Antonio Chota Isuiza
Miembro

Lic. Desiderio Vásquez Plácido
Miembro

ACTA DE APROBACION

Esta tesis fue sometida a consideración para su aprobación ante el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, integrado por los siguientes Catedráticos.

Dr. CARLOS PANDURO CARBAJAL

.....
Presidente

Dr. MARCO ANTONIO CHOTA ISUIZA

.....
Miembro

Lic. DESIDERIO VASQUEZ PLÁCIDO

.....
Miembro

Dr. GROBER PANDURO PISCO

.....
Asesor

Bach. JUAN ARTURO RUIZ RUIZ

.....
Tesista

DEDICATORIA.

A Dios y mi Familia.

Ofrezco el éxito y la complacencia de la presente investigación a Dios Nuestro Señor quien me ha bendecido y regalado un poco de su sabiduría y entendimiento.

A mi abuelito que en paz descanse Luis Arturo Ruiz Hidalgo.

A mis dos grandes amores Meri Luz Ruiz Fernández e Isaura Fernández Arévalo por su amor y acompañamiento en el desarrollo de mi vida educativa.

A mis hermanos Meri luz, Dulce Maria y Marden Luis por su confianza y colaboración, a mis sobrinos: Emmanuel y gotitas de miel.

A mi amiga Steffani Zevallos Ríos, por su sincera amistad en los momentos difíciles y por todo el tiempo compartido.

A mis amigos.

AGRADECIMIENTOS.

Mis más sinceros agradecimientos:

A Dios por guiarme en cada momento de mi vida y por permitirme culminar una etapa más de mi vida.

A la Universidad Nacional de Ucayali, a través de la Dirección General de Investigación por el financiamiento de mi tesis.

A la Universidad Nacional de Ucayali, por permitirme ser parte de esta digna casa superior de estudio.

A mis profesores de la (UNU), quienes con sus valiosos conocimientos y apreciable enseñanza aportaron grandemente en la preparación de mi vida profesional.

Al Dr. Grober Panduro Pisco, Asesor de la Tesis, por su orientación, acertados consejos y llamadas de atención, durante la realización de la presente investigación y por el apoyo brindado a mi persona en mi formación profesional a quien considero más que un amigo.

Al Ing. Kelsen Arbaiza Peña, por su disposición, orientación, aportes no solo como profesional sino como persona y amigo; y por compartir sus enseñanzas durante todo el desarrollo de la tesis.

A los agricultores de Irazola, especialmente a los productores dueños de las parcelas seleccionadas para este estudio, por su participación activa en el desarrollo de la etapa de campo.

A las empresas LUDAFA Y COZASU, por darme las facilidades para ingresar a sus ambientes y apoyarme en la toma de muestras.

A mi tía Elizabet Velásquez Fernández, por su apoyo constante en la universidad.

A mi tía milagros Ruiz Fernández, por su apoyo incondicional.

Al personal técnico del Laboratorio química de la madera Sr. Gerardo Arimuya por facilitarme los materiales para desarrollar la presente investigación.

INDICE GENERAL

ACTA DE APROBACION i
DEDICATORIA. ii
AGRADECIMIENTOS. iii
ABSTRACT 2
INTRODUCCION 3
CAPITULO I 4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4
1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA 4
CAPITULO II 7
MARCO TEORICO. 7
2.1 Concepto Básico de Biomasa 7
2.2 Clasificación de la biomasa 9
2.2.1. Modo en que se obtiene. 9
2.2.2. Uso final. 9
2.2.3. Cultivos Energéticos 10
2.3. Tipos de biomasa 12
2.4. Caracterización de la biomasa 13
2.5. Fundamentos de la Producción de Energía con Biomasa 14
2.6. Usos de la biomasa 18
2.6.1 Aplicaciones térmicas. 18
2.6.2 Aplicaciones eléctricas. 19
2.7.1.- Procesos de conversión 20
2.7.1.1 Combustión directa 20
2.7.1.2 Procesos termoquímicos 23
2.7.1.3 Procesos bioquímicos 23
2.9.1 Potencial Energético en el Perú 32
CAPITULO III 36

METODOLOGIA 36
3.1 Tipo de Investigación. 36
3.1.2 Nivel de investigación. 36
3.2 Población y Muestra 36
3.2.1 Población. 36
CAPITULO IV 43
RESULTADO Y DISCUSION. 43
4.1. Cálculos de las Características del cacao Aromático 43
4.2. Análisis del factor de generación de los Residuos sólidos del proceso industrial de la Caña de azúcar (Bagazo de Caña) y Producción de granos de Cacao (Cáscara de Cacao) en la región Ucayali. 44
4.3. Análisis de las Características físicas de los Residuos Sólidos Agroindustriales Bagazo de caña y Cáscara de cacao. 46
4.4. Comparación de las características físicas del Bagazo de caña y Cascara de Cacao con diferentes tipos de residuos de madera. 50
4.5. Poder Calorífico del bagazo de caña y Cascara de Cacao. 51
4.6. Potencial energético (PE) 52
4.7. Potencia eléctrica proyectada. 53
V.- CONCLUSIONES. 54
VI. RECOMENDACIONES 55
VII BIBLIOGRAFIA 56
ANEXOS. 58
Anexo 1. Cálculos del estudio. 58
Anexo 2.- Fotografías del estudio. 60
Anexo 3. Resultados de laboratorio. 64

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Estados típicos de la biomasa. 12

Tabla 2. Parámetros físicos, químicos y energéticos de la biomasa. 13

Tabla 3. Hectáreas de cacao sembradas en Irazola. 28

Tabla 4.Recursos energéticos de biomasa en el Perú 34

Tabla 5. Características físicas de la Cáscara de Cacao Aromático. 43

Tabla 6. Producción de residuos sólidos por año 45

Tabla 7. Características físicas de los Bagazo de caña y Cascara de Cacao y principales maderas de la región 50

Tabla 8. Resultados de poder caloríficos del bagazo de caña y Cáscara de Cacao. 51

Tabla 9. Potencial energetico del bagazo de Caña y Cascara de Cacao en la Provincia de Padre Abad y Coronel Portillo. 52

Tabla 10. Potencia eléctrica. 53

Tabla 12. Características físicas del Bagazo de Caña. 58

Tabla 13. Características físicas de la Cáscara de Cacao Aromático. 58

Tabla 14. Análisis estadístico de la Cáscara de Cacao Aromático cacao CCN51. 59

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Generación de recursos biomásicos _____ 8

Figura 2. Esquema de una Central eléctrica con biomasa _____ 19

Figura 3.Clasificación de los procesos termoquímicos _____ 23

Figura 4. Procesos de conversión de la biomasa y aplicaciones de sus productos. _____ 24

Figura 5. Cultivo de caña de azúcar _____ 28

Figura 6. Factor de generación de residuos sólidos de la Caña de Azucar (bagazo) y Cacao (Cascara). _____ 44

Figura 7. Cantidad de Residuos Sólidos de Cascara de cacao y Bagazo de caña. _____ 45

Figura 8. % Humedad, % de Ceniza, % de Material Volátil y % Carbono Fijo del Bagazo de caña. _____ 46

Figura 9. % Humedad, % de Ceniza, % de Material Volátil y % Carbono Fijo de la cascara de Cacao. _____ 47

Figura 10. Poder calorífico de residuos Forestales y de Bagazo de Caña y Cascara de Cacao. _____ 52

INDICE DE ICONOGRAFIAS.

Fotografía 1.Recolección de muestras 60

Fotografía 2. Anotaciones de campo 60

Fotografía 3. Colecta de cascara de cacao 60

Fotografía 4. Colecta de muestras 61

Fotografía 5. secado de muestras de caco al temperatura ambiente 61

Fotografía 6. Recolección de Muestras Bagazo de caña 61

Fotografía 7. Preparación de la muestra de bagazo de caña 62

Fotografía 8. Pesado de muestras de cascara de cacao. 62

Fotografía 9. Preparación de muestras para el laboratorio. 62

Fotografía 10. Molidos de muestras secas 63

Fotografía 11. Cenizas de fibra de Cacao 63

Fotografía 12. Determinación de materia volátil en la mufla 63

"POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE CAÑA (*Saccharum officinarium* L) Y CACAO (*Theobroma Cacao* L) EN LAS PROVINCIAS DE PADRE ABAD Y CORONEL PORTILLO, REGIÓN UCAYALI; 2015."

Juan Arturo Ruiz Ruiz.[1]

RESUMEN

La investigación se desarrolló en las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad entre los meses de Abril y Octubre del 2015; con el objetivo de determinar el potencial energético de los residuos sólidos de Caña de Azúcar (Bagazo) y del grano de Cacao (Cáscara del cacao).

La población en estudio estuvo conformada por las áreas de Cacao en producción, con muestras de 5 parcelas demostrativas y las dos empresas azucareras de la región de donde se obtuvo las muestras de Bagazo de Caña. La metodología empleada fue descriptiva de forma prospectiva mediante entrevistas a los agricultores de Cacao, empresas Azucareras, Instituciones gubernamentales, con la finalidad de conocer el total de has en producción, rendimiento de cultivo y factor de generación de residuo. Para determinar el Potencial Energético se utilizaron fórmulas matemáticas.

Los resultados señalan que la región Ucayali tiene: 2885.13 has de Cacao y 898.49 has de Caña de azúcar, el rendimiento de ambos es de 0.87 tn/has y 23 tn/has para Coronel Portillo y para Padre Abad es de 0.84 tn/has para el cacao y para la Caña de Azucar es de 22.88 tn/ha; en una ton. de caña de azúcar el 33% es bagazo y en una ton. de grano de cacao se genera dos toneladas de Cáscara.

En Ucayali se genera un potencial energético de 135.77 TJ al año que equivale a un potencia de 10.46 MW que cubriría en un 19% la demanda energética de la ciudad de Pucallpa.

Palabras Claves: Bagazo de Caña, Cáscara de cacao Poder Calorífico, Potencial energético

---

[1] Bachiller en Ciencias Ambientales. Egresado de la Universidad Nacional de Ucayali

"ENERGY POTENTIAL OF SOLID WASTE CANE (*Saccharum officinarium* L) AND CACAO (*Theobroma cacao* L) IN THE PROVINCES OF CORONEL PORTILLO AND PADRE ABAD, UCAYALI REGION; 2015."

Juan Arturo Ruiz Ruiz.[1]

ABSTRACT

Research the provinces of Coronel Portillo and Padre Abad takes place between the months of April and October 2015; The objective was to determine the energy potential of waste biomass obtained from the industrial process of sugar cane (bagasse) and cocoa bean (cocoa shell)

The study population consisted of the areas of cocoa production, with samples of 5 demonstration plots and the two sugar companies in the region from which the samples bagasse was obtained. The methodology used was descriptive prospectively through interviews with cocoa farmers, sugar companies, governmental institutions, in order to know the total production has, crop yield and waste generation factor. To determine the energy potential were used mathematical formulas.

The results indicate that the Ucayali region has: 2885.13've Cocoa and 898.49 hectares of sugar cane, the performance of both is 0.87 t / ha and 23 t / ha for Coronel Portillo and Padre Abad is 0.84 t / ha for Cocoa and Sugar Cane is 22.88 t / ha; a ton. sugarcane bagasse is 33% and in a ton. cocoa bean shell two tons ce in Ucayali potential energy is generated 135.77 TJ per year equivalent to an output of 10.46 MW would cover 19% of energy demand of the city of Pucallpa is generated.

Keywords: Sugarcane Bagasse, cocoa shell Calorific, Energy potential

---

[1]Bachelor of Environmental Science. He graduated from the National University Ucayali

INTRODUCCION

El cambio climático es la amenaza global para todos los países, la misma ha generado un serie de alteraciones trayendo consigo grandes costos económicos y vidas humanas; estos sucesos en parte son por eventos naturales y propias de la dinámica terrestre, pero en su mayoría es atribuido a la actividad humana y esta se centra principalmente en el aprovechamiento de la energía, (consumo de combustibles fósiles) que generan residuos (emisiones gaseosas) que aumentan los GEIs. La actual política energética del Perú tiende a diversificar la matriz energética, mediante el desarrollo de las fuentes primarias disponibles, también llamadas fuentes energéticas autóctonas, para ello en el marco de la política energética antes mencionada, la DGEE (Dirección General de Eficiencia Energética) ha tomado la decisión de desarrollar estudios para determinar el potencial de la bioenergía a fin de obtener información que permita establecer programas energéticos para un eficiente y sostenible uso de la biomasa en la producción de energía; esta tendencia significa que debemos consumir lo que tenemos en abundancia y dejar de consumir lo que no producimos e importamos, principalmente el Diesel.

El presente estudio se desarrolló en la Provincia de Coronel Portillo y Padre Abad en la región de Ucayali en donde actualmente se tiene:797.92 has de Cacao en producción en la Provincia de Coronel Portillo y 2087.21 has en producción en la Provincia de Padre Abad; y 567.40 has de Caña de Azucar en producción en la Provincia de Coronel Portillo y 331.09 has de Caña de Azúcar en producción en la Provincia de Padre Abad, esta materia prima es aprovechada para producir granos de cacao y productos derivados y con respecto a la caña de azúcar se produce azúcar blanca y rubia para el mercado regional y que a través de su cadena productiva genera grandes cantidades de residuo que no son aprovechados; en este sentido el objetivo del estudio fue determinar el potencial energético de los residuos sólidos de caña y cacao, como alternativa de combustible para la generación de energía eléctrica con la finalidad de contribuir al empleo de nuevas fuentes de energía limpias.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál es el potencial energético de los residuos sólidos de cacao (cáscara de cacao) y caña de azúcar (bagazo de caña) en las Provincias de Padre Abad y Coronel Portillo?

El cambio climático ha generado unas series de acciones trascendentales en las últimas décadas y se le atribuyen en su mayoría a las actividades antropogénicas. Como es de conocimiento entre la principales causas esta, la presencia de gases de efecto invernadero que han aumentado la temperatura de la tierra en 4.8 °C desde que se inició la era industrial, y se sigue a este ritmo, en un futuro, la vida en la tierra no será el adecuado y casi imposible (IPCC,2013).

El efecto invernadero (en adelante GEI) y en especial del CO2, es el azote de nuestro tiempo. Hoy día, casi todas las actividades que realizamos (movilidad, alimentación, etc) y bienes que poseemos y utilizamos (bienes de consumo, hogar, etc) implican consumir energía, lo que significa contribuir a las emisiones a la atmósfera.

La energía primaria desde el principio de la humanidad ha sido la biomasa (leñas, pajas, etc), luego se empezó a utilizar los recursos fósiles y a partir del año 1995 nace una corriente del uso de agro-combustibles y otras fuente de energia renovables (Schoijet, 1995) por otro lado el uso de la biomasa sólida y el carbonizado como combustible tienen una demanda significativa en los países en vías de desarrollo, la fuente energética del carácter renovable ascendía al 29 % del total de la energía utilizada en américa latina en el 2004 y dentro de ella un 60% aproximadamente proviene de la biomasa (IEA 2007).

El petróleo es la matriz energética primaria que sostiene al mundo en mayor porcentaje mientras tanto la fuente energética proveniente de la biomasa alcanza un 10% de la energía primaria consumida en el mundo, y por tanto el usos de los combustibles fósiles en los diferentes sectores contribuyen a la emisión de GEI´s que incrementan la temperatura en la atmosfera terrestre fortaleciendo el problema del cambio climático. (AEI, 2012)

La demanda de energía a nivel mundial se verá duplicado en los próximos veinte años, el consumo mundial de energía primaria por tipo de combustible indica la dependencia de combustibles fósiles. Los principales responsables del incremento en el consumo energético son China y Asia que pasarán del 30 % que representan actualmente al 43 % en el 2030. Los treinta y dos países de la OCDE encabezados por Estados Unidos, los países de la Unión Europea y Japón (IPE, 2011), disminuirán el consumo al pasar del 58% al 47%.

Estos problemas han motivado las labores de investigación y desarrollo de procesos de producción y transformación de nuevas fuentes energéticas, que permitan suplir la creciente y elevada demanda de energía en el mundo. La utilización de tecnologías de energías renovables como la eólica, la geotérmica, la hidráulica, la solar y la obtenida a partir de la biomasa se presentan como alternativas en mediano y largo plazo para el reemplazo de los combustibles fósiles. (Gomez, Klose, Rincon, 2008).

En el Perú, actualmente el cultivo de cacao ha cobrado un alto interés, debido al buen precio y a la demanda insatisfecha del mercado internacional y nacional; los productores dedicados a este cultivo son pequeños, con baja capacidad económica y se ubican en la región amazónica del país.

El Departamento de Ucayali representa el 2.1 % de la Producción Nacional de grano de cacao y el 1.2 % de la superficie plantada, la amazonia peruana y en particular la región de Ucayali presenta condiciones climáticas favorables para el crecimiento y desarrollo del cacao (IICA, 2006). Por otro lado La industria azucarera en la región Ucayali, se enfrenta al problema de económico, ambiental

de acumular grandes cantidades de bagazo los que actualmente son quemados en el caldero y al aire libre, contribuyendo a la emisión de CO2 a la atmósfera. Asimismo el cultivo de cacao generan residuos que actualmente los agricultores no tienen conocimiento, para utilizar adecuadamente estos residuos, por lo tanto se riega en las parcelas al aire libre o se los queman, contribuyendo a la emisión de CO2 a la atmosfera.

La demanda actual y el incremento en los costos de la energía precisan la búsqueda de procesos más eficientes y limpios para el aprovechamiento energético de la biomasa. Aprovechar los residuos de Caña de Azucar (Bagazo de Caña) y Cacao (cáscara de cacao) conlleva desde el punto de vista económico a minimizar los costos de combustible.

El uso sostenible de la biomasa como fuente de energía permite disminuir la emisión de gases de efecto invernadero. Otra ventaja del uso de la biomasa residual con fines energéticos es la disposición ambiental adecuada que se le puede dar residuos sólidos indeseados en el ambiente.

CAPITULO II

MARCO TEORICO.

2.1 Concepto Básico de Biomasa

Según (Focer, 2002) el término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros). Esta es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que nuestros ancestros descubrieron el secreto del fuego,

Según la RAE (2014), biomasa es la materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen. Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

Etimológicamente, el término "biomasa" se aplica a la materia de la que están formados los seres vivos. En un sentido energético se considera como "biomasa" a un conjunto muy heterogéneo de materiales cuyo punto en común es que están constituidos por materia orgánica que, se ha formado en una atmósfera de composición igual o muy semejante a la actual; es decir, son materiales con un origen biológico próximo. Por esta razón se excluyen del término biomasa a los combustibles como el petróleo y el carbón ya que no se han producido en los tiempos actuales y, además, han sufrido un proceso de mineralización. Asimismo, se excluyen del término biomasa a los materiales orgánicos que han quedado incluidos en formaciones geológicas.

La forma más común de utilizar la energía de la biomasa ha sido por medio de la combustión directa: quemándola en hogueras a cielo abierto, en hornos y cocinas artesanales e, incluso, en calderas; convirtiéndola en calor para suplir las necesidades de calefacción, cocción de alimentos, producción de vapor y generación de electricidad.

Las fuentes más importantes de biomasa son los campos forestales y agrícolas pues en ellos se producen residuos (rastrojos) que normalmente son dejados en el campo al consumirse sólo un bajo porcentaje de ellos con fines energéticos. En la agroindustria, los procesos de secado de granos generan subproductos que son usados para generación de calor en sistemas de combustión directa; tal es el caso del bagazo de caña de azúcar, la cascarilla de café y la de arroz. Por otro lado, los centros urbanos generan grandes cantidades de basura compuestas en gran parte, por materia orgánica que puede ser convertida en energía, después de procesarla adecuadamente. (Sebastian, Garcia, & Rezeau, 2010)

Los recursos biomásicos incluyen cualquier fuente de materia orgánica, como desechos agrícolas y forestales, plantas acuáticas, desechos animales y basura urbana. Su disponibilidad varía de región a región, de acuerdo con el clima, el tipo de suelo, la geografía, la densidad de la población, las actividades productivas, etc.; por eso, los correspondientes aspectos de infraestructura, manejo y recolección del material deben adaptarse a las condiciones específicas del proceso en el que se deseen explotar.

Teniendo en cuenta que la mayor parte de estos residuos son de carácter orgánico, se puede llegar a comprender el hecho de que las grandes cantidades de residuos que no se aprovechan y contaminan el ambiente puedan constituir un enorme potencial para la producción de energía, según (Ramirez, 2012).

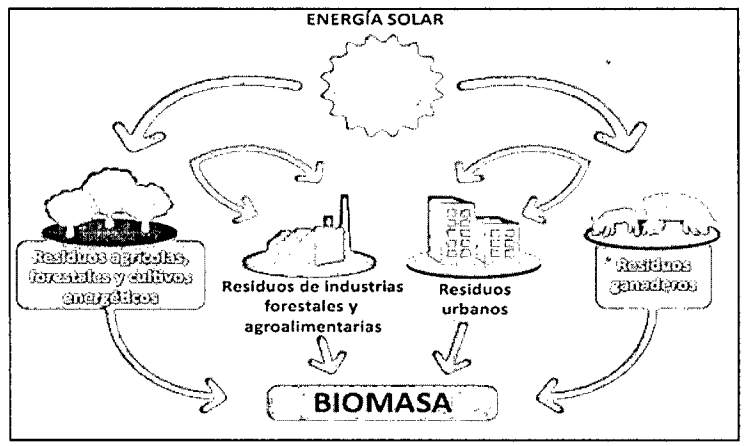


Figura 1. Generación de recursos biomásicos

2.2 Clasificación de la biomasa

Existen una multitud de criterios y nomenclaturas utilizadas para clasificar a la biomasa dentro de los varios tipos existentes. Generalmente se clasifica a la biomasa de acuerdo a como se obtiene o al uso final que se le va a dar, según (Pérez ,2009).

2.2.1. Modo en que se obtiene.

De acuerdo al modo que se obtiene la biomasa se puede clasificar en biomasa primaria, secundaria y terciaria.

La biomasa primaria es aquella que se obtiene directamente de un ecosistema natural para su utilización energética; producida directamente por la actividad fotosintética de los vegetales verdes. Es la que se produce en la naturaleza sin intervención humana. Por ejemplo, la caída natural de ramas de los árboles (poda natural) en los bosques.

La biomasa secundaria, es aquella formada por los animales que se alimentan de plantas y de otros animales. Por ejemplo, estiércol de ganado.

La biomasa terciaria o también llamada residual, es aquella que se obtiene como residuo o subproducto de alguna actividad humana. Por ejemplo; residuos de la industria de transformación de la madera (aserraderos, fábricas de papel, muebles, etc.) así como residuos de la industria agroalimentaria (bagazos, cáscaras, etc.)

2.2.2. Uso final.

Según este criterio los tipos de biomasa están destinados principalmente a la producción de energía mediante distintos procesos, por lo tanto se han clasificado en:

- **Biocombustibles sólidos:** Las fuentes de biocombustibles sólidos suelen dividirse en aquellas de carácter primario y aquellas de carácter secundario. En las primeras, como los cultivos energéticos y

la biomasa forestal extraída con fines energéticos, su gestión y utilización se orienta completamente a la producción de energía. En las fuentes de origen secundario, generalmente denominada biomasa residual seca, se incluye los subproductos agrícolas (paja, caña y poda de árboles), forestales (restos de las intervenciones silvícolas, como ramas y árboles sin valor comercial) e industriales (aserrín, cascara de almendra, hueso de oliva, etc.). Todos ellos, tanto la biomasa primaria como la secundaria, pueden aprovecharse directamente mediante procesos termoquímicos, como la combustión. (Sebastian, Garcia, & Rezeau, 2010)

- **Biomasa residual húmeda:** Se le denomina biomasa residual húmeda a todos aquellos flujos residuales de origen orgánico resultantes de la actividad humana o animal, los cuales se pueden dar en las ciudades (agua residual urbana), industrias (residuos industriales biodegradables) e instalaciones agropecuarias (residuos ganaderos).Se caracteriza por el alto contenido de humedad, por su procedencia y composición, la materia orgánica es degradable mediante procesos bioquímicos. Se trata generalmente de flujos líquidos, aunque es posible que se den en estado semisólido. El biogás generado a partir de procesos de degradación de la materia orgánica de la biomasa residual húmeda se puede utilizar directamente como combustible en las industrias, o como combustible principal para la generación de energía eléctrica, al hacer funcionar las turbinas que se encuentran acopladas a generadores eléctricos. (Pérez, 2015).

2.2.3. Cultivos Energéticos

Es aquel cultivo agrícola, forestal o acuático, cuya producción parcial o total se utiliza como materia prima para generar energía aprovechable. Son grandes plantaciones o cultivos con el fin

específico de producir energía. Para ello se seleccionan árboles o plantas de crecimiento rápido y bajo mantenimiento, las cuales usualmente se cultivan en tierras de bajo valor productivo. Su período de cosecha varía entre los tres y los diez años.

También se utilizan arbustos que pueden ser podados varias veces durante su crecimiento, para extender la capacidad de cosecha de la plantación. Se debe considerar a los cultivos energéticos de manera diferente a la biomasa residual agrícola por dos razones principales. Primero, los cultivos energéticos son especies eminentemente y segundo, porque existen implicaciones en el manejo de los mismos que hacen que las prácticas agronómicas no se orienten a la calidad del producto, sino más bien a la maximización en la recuperación de la energía invertida. (De Juana & Fernández, 2002).

2.2.3.1 Clasificación de los cultivos energéticos

Se pueden clasificar según su uso final al que será destinada la biomasa obtenida. Por lo tanto se tiene:

Producción de biocombustibles sólidos:

Para la producción de calor y/o electricidad. En este caso se buscan especies que generen gran cantidad de biomasa lignocelulósica (madera, paja, etc.) como cultivos herbáceos o cultivos forestales.

Producción de biocarburantes de primera generación para automoción:

Las especies oleaginosas se utilizan para la obtención de biodiesel. Mientras que aquellas con un importante porcentaje de azúcar se destinan a la elaboración de bioetanol y sus derivados. (Nogués, 2010).

2.3. Tipos de biomasa

Los recursos biomásicos se presentan en diferentes estados físicos que determinan la factibilidad técnica y económica de los procesos de conversión energética que pueden aplicarse a cada tipo en particular. Por ejemplo, los desechos forestales indican el uso de los procesos de combustión directa o procesos termo-químicos; los residuos animales indican el uso de procesos anaeróbicos (bioquímicos), etc. (Forcer, 2010).

Tabla 1. Estados típicos de la biomasa.

Recursos de biomasa	Tipo de residuo	Características físicas
Residuos Forestales	Restos de aserrín: corteza, aserrín, astillas.	Polvo sólido Humedad Relativa > 50%
	Restos de ebanistería: aserrín, trozos, astillas.	Polvo sólido Humedad Relativa 30-45%
	Restos de plantaciones: ramas, corteza y raíces.	Sólido Humedad Relativa > 55%
Residuos Agropecuarios	Cáscara y pulpa de frutas y vegetales.	Sólido, alto contenido de humedad
	Cáscara y polvo de granos secos (arroz, café)	Polvo Humedad Relativa < 25%
Residuos Industriales	Residuos de procesamiento de carnes	Sólido, alto contenido de humedad
	Aguas de lavado, grasas y aceites vegetales	Líquido, grasoso
Residuos Urbanos	Aguas negras	Líquido
	Basura orgánica (madera)	Sólido, alto contenido de Humedad.

Fuente: Fortalecimiento de la Capacidad en Energía Renovable para América Central (FOCER), Manuales Sobre Energía Renovable, Biomasa. San José, Costa Rica, 2002, p.10.

2.4. Caracterización de la biomasa

En muchas ocasiones, la biomasa se elimina por ser molesta para la instalación que la produce o porque entorpece las labores agrarias o ganaderas que la generan. Cuando esto ocurre, se está desperdiciando una fuente de energía importante, basta recordar que considerando que, por término medio, un kilogramo de biomasa permite obtener 3.500 kcal y que un litro de gasolina tiene aproximadamente 10.000 kcal, por cada tres kilogramos que desperdiciamos de biomasa, se desaprovecha el equivalente a un litro de gasolina.

La caracterización de la biomasa sirve para obtener una previsión del comportamiento de la biomasa ante las diferentes etapas involucradas en su uso como fuente de energía: obtención, transporte, tratamiento y conversión en energía. Las propiedades pueden clasificarse en físicas, químicas y energéticas.

Existen una multitud de posibles propiedades y análisis a realizar. A continuación en la tabla 2 se presentan los principales parámetros que generalmente son motivo de estudio de la biomasa para caracterizarla como un combustible apropiado. (Velásquez, 2009)

Tabla 2. Parámetros físicos, químicos y energéticos de la biomasa.

Parámetros Físicos	- Densidad real y aparente - Humedad - Distribución granulométrica	Influyen en la selección y el diseño de los equipos de manejo del material y la necesidad de pre tratamiento.
Parámetros Químicos	- Análisis elemental - Análisis inmediato - Componentes estructurales - Composición de cenizas	Determinan el comportamiento de la biomasa durante los procesos de transformación química y termoquímica.

Parámetros Energéticos	- Poder Calorífico	Determina la cantidad de energía renovable.

2.5. Fundamentos de la Producción de Energía con Biomasa

El recurso de la biomasa constituye una de las fuentes de energía que se conocen con el nombre de "energías renovables". Estas energías se caracterizan por su carácter prácticamente inagotable, debido a que se producen directa o indirectamente de la luz solar.

Todos los productos que componen la biomasa tienen, efectivamente, su origen en la energía solar de la que se producen a través del proceso de fotosíntesis que realizan las plantas verdes. Mediante este proceso, las plantas verdes en sus cloroplastos son capaces de captar la luz o radiación solar fotosintéticamente activa (radiación PAR) y transformarla en energía del enlace químico de las moléculas que integran sus tejidos y posteriormente acumularla en la materia que constituye sus tejidos y, de forma especial, en diferentes macromoléculas vegetales como el almidón, la celulosa y la lignina que constituyen sus reservas energéticas. (Carrasco, 1996).

La ecuación global del proceso de la fotosíntesis es la siguiente:

$$\mathbf{CO_2 + H_2O + sales\ minerales + Radiación\ PAR\ (H\text{-}CHO) + 476\ kJ}$$

Como puede observarse, el proceso utiliza dióxido de carbono (CO_2) atmosférico y agua como materias primas para la producción de la materia orgánica (H-CHO) que compone los tejidos de los seres vivos, de tal forma que por cada mol de CO_2 utilizado 476 kJ de energía solar se transforman en energía del enlace químico. La utilización del dióxido de carbono en este proceso posee, además, una significación de gran trascendencia en cuanto al papel que la producción y uso de la biomasa puede tener para controlar las emisiones de este gas invernadero.

De acuerdo a lo descrito, puede considerarse la biomasa como una forma de energía solar en la que el receptor, transformador y acumulador de la energía solar no es un sistema artificial sino un sistema natural seleccionado por la naturaleza para tal fin durante millones de años. La energía solar así transformada y acumulada en las macromoléculas de las plantas se transfiere posteriormente a los animales a través de las cadenas tróficas.

En este contexto, la producción de energía de la biomasa está basada en la utilización de los materiales residuales producidos por los animales e incluso las propias plantas como tales, para la obtención de energía mediante un proceso de oxidación de la materia orgánica en el que, en uno o varios pasos, se libera en forma de calor la energía acumulada en los enlaces químicos de los materiales biomásicos y que es utilizada posteriormente en diversas aplicaciones.
En este sentido, hay que considerar a la obtención de energía a partir de la biomasa como un proceso acelerado respecto al que se produce naturalmente y que es conocido como putrefacción.

La serie de etapas que van desde la producción de la biomasa hasta la obtención de energía para una determinada aplicación constituyen una cadena energética de la biomasa. Por lo general, en las diferentes cadenas energéticas de la biomasa existen etapas intermedias en las que la materia prima original es transformada en productos de oxidación intermedios cuyas características corresponden mejor a las necesidades de las diferentes aplicaciones energéticas en las que la biomasa es utilizada. Se denominan con el término genérico de "biocombustibles" a los combustibles intermedios que se producen en las cadenas energéticas de la biomasa. (Fernández, 1996).

En general se puede considerar que el poder calorífico de la biomasa puede oscilar entre los 3000– 3500 kcal/kg para los residuos ligno - celulósicos, los 2000 – 2500 kcal/kg para los residuos urbanos y finalmente los 10000 kcal/kg para los

combustibles líquidos provenientes de cultivos energéticos. Estas características, juntamente con el bajo contenido de azufre de la biomasa, la convierten en un producto especialmente atractivo para ser aprovechado energéticamente.

Cabe destacar que, desde el punto de vista ambiental, el aprovechamiento energético de la biomasa no contribuye al aumento de los gases de efecto invernadero, dado que el balance de emisiones de CO2 a la atmósfera es neutro. En efecto, el CO2 generado en la combustión de la biomasa es reabsorbido mediante la fotosíntesis en el crecimiento de las plantas necesarias para su producción y, por lo tanto, no aumenta la cantidad de CO_2 presente en la atmósfera. Al contrario, en el caso de los combustibles fósiles, el carbono que se libera a la atmósfera es el que está fijo a la tierra desde hace millones de años, según la página web (www.energia.gov.ar).

La biomasa podría proporcionar energías sustitutivas a los combustibles fósiles, gracias a agro combustibles líquidos (como el biodiesel o el bioetanol), gaseosos (gas metano) o sólidos (leña), pero todo depende de que no se emplee más biomasa que la producción neta del ecosistema explotado, de que no se incurra en otros consumos de combustibles en los procesos de transformación, y de que la utilidad energética sea la más oportuna frente a otros usos posibles (como abono y alimento, (Carpintero, 2006).

Actualmente la biomasa proporciona combustibles complementarios a los fósiles, ayudando al crecimiento del consumo mundial (y de sus correspondientes impactos ambientales), sobre todo en el sector transporte. (Estevan, 2008). Este hecho contribuye a la ya amplia apropiación humana del producto total de la fotosíntesis en el planeta, que supera actualmente más de la mitad del total en la que competimos con el resto de las especies. (Naredo & Valero, 1999),

La biomasa supone alrededor del 65% de la energía producida con fuentes renovables, incluida la gran hidráulica y en los últimos años la energía producida

con biomasa está experimentando un crecimiento en torno al 3,5% anual (más del 4% en los países industrializados), similar al crecimiento de la demanda energética. Esta tendencia podría decantarse en la próxima década del lado de la biomasa que podría llegar a crecer a un ritmo alrededor de dos veces superior al de la demanda energética, una vez que el crecimiento de ésta se modere en torno al 2% anual y se incremente el uso de la biomasa como consecuencia del desarrollo de los programas de fomento actuales y la puesta en marcha de nuevas iniciativas en todo el mundo.
La biomasa no es utilizada de forma uniforme en todos los países, pudiéndose establecer unas diferencias claras tanto en cantidad como en calidad del consumo entre los países más industrializados y los que se encuentran en vías de desarrollo.

En términos de cantidades, en la actualidad puede estimarse que alrededor de un 40% de la energía producida de la biomasa se lleva a cabo en países del área de la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos) en los que la biomasa supone en torno a un 4,5% de la energía primaria consumida, si bien esta cantidad se sitúa incluso por encima del 20% en algunos países como Suecia y Finlandia en los que la utilización de la biomasa se considera como un instrumento de gran importancia para el aseguramiento de su demanda energética con recursos propios y como una alternativa viable para cumplir con sus compromisos de reducción de emisiones de gases invernadero contraídos en el Tratado de Kyoto.

Los países en vías de desarrollo producen en torno al 60% de la energía de la biomasa, que constituye, globalmente, más de un 30% de su energía primaria y una de sus principales fuentes energéticas. El porcentaje mencionado llega a cifras muy superiores en diferentes regiones, como en los países africanos del Sahel (Senegal, Mali, Burkina Fasso, Gambia, Niger) en los que la biomasa constituye más de un 80% de su energía primaria.

2.6. Usos de la biomasa

La biomasa en forma de lo que se denomina genéricamente como "leñas" o "madera" fue la primera y única fuente energética utilizada por el hombre hasta el advenimiento del carbón y puede decirse que ha continuado siendo el principal recurso energético hasta principios de la era industrial, a comienzos del siglo XIX. En nuestros días la biomasa sigue constituyendo una de las principales fuentes energéticas de la humanidad. La biomasa es la energía primaria mundial, lo que la convierte en el cuarto recurso energético mundial, tras los diferentes combustibles fósiles.

En cuanto a los usos de la energía producida con biomasa, éstos pueden ser para calefacción, refrigeración y producción de agua caliente en el sector doméstico (viviendas unifamiliares, comunidades de vecinos, barrios o municipios enteros), y generación de calor para procesos industriales y generación de electricidad.

En resumen, todo el conjunto de fuentes energéticas que comprende la biomasa puede tener tanto aplicaciones térmicas como eléctricas. (Gaona, 2014).

2.6.1 Aplicaciones térmicas.

La obtención de energía térmica a través de la quema de biomasa sólida se realiza con diferentes propósitos. Las aplicaciones térmicas con producción de calor y agua caliente sanitaria son las más comunes dentro del sector de la biomasa, aunque también es posible la producción de frío, esta última opción es más excepcional. (Agenbur, 2015)

El sistema más extendido para este tipo de aprovechamiento está basado en la combustión de biomasa sólida, aunque también es posible quemar el biogás procedente de la digestión anaerobia de un residuo líquido o el gas de síntesis generado en la gasificación de uno sólido. Los procesos domésticos han sido muy ineficientes, pues han presentado pérdidas

normales de energía entre 30% y 90% de la energía. Aunque los usuarios tratan de mejorar las estufas, por lo general carecen de los recursos financieros y técnicos para hacerlo considerablemente.

2.6.2 Aplicaciones eléctricas.

Cuando se habla de generación de electricidad con biomasa se puede hablar de co-generación y generación. Co-generación se refiere a la generación simultánea de calor y electricidad, lo cual resulta considerablemente más eficiente que los dos sistemas separados. Se utiliza con frecuencia en industrias que requieren de las dos formas de energía, como el procesamiento de café, azúcar y palma. Su configuración depende de cuál es la forma de energía más importante; a veces se utilizan el calor y la electricidad en el proceso de la planta industrial y se vende el excedente a otros usuarios o a la red eléctrica.

La producción de electricidad a partir de biomasa sólida precisa de sistemas complejos, dado el bajo poder calórico de esta fuente energética, su alto porcentaje de humedad y su gran contenido de volátiles. Para ello se necesita centrales específicas con grandes calderas, con volúmenes de hogar mayores que si utilizaran combustibles convencionales, que conllevan inversiones elevadas y reducen su rendimiento

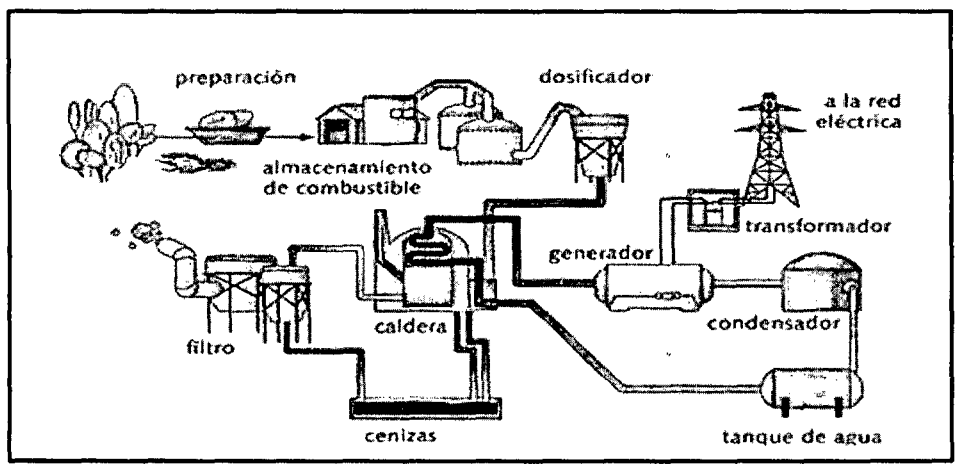


Figura 2. Esquema de una Central eléctrica con biomasa

La producción de electricidad a partir de biomasa sólida precisa de sistemas complejos, dado el bajo poder calórico de esta fuente energética, su alto porcentaje de humedad y su gran contenido de volátiles. P ara ello se necesita centrales específicas con grandes calderas, con volúmenes de hogar mayores que si utilizaran combustibles convencionales, que conllevan inversiones elevadas y reducen su rendimiento. (Agenbur, 2015).

2.7. Procesos y Descripción de Conversión Energética.

2.7.1.- Procesos de conversión

Antes de que la biomasa pueda ser usada para fines energéticos, tiene que ser convertida en una forma más conveniente para su transporte y utilización. A menudo, la biomasa es convertida en formas derivadas tales como carbón vegetal, briquetas, gas, etanol y electricidad. Las tecnologías de conversión incluyen desde procesos simples y tradicionales, como la producción de carbón vegetal en hogueras bajo tierra; hasta procesos de alta eficiencia como la cogeneración.

A continuación se presentan los procesos de conversión de biomasa más relevantes, los cuales se pueden clasificar en tres categorías:

- Procesos de combustión directa.
- Procesos termo-químicos.
- Procesos bio-químicos.

2.7.1.1 Combustión directa

Los sistemas de combustión directa son aplicados para generar calor, el cual puede ser utilizado directamente en la producción de vapor para procesos industriales y electricidad. Los procesos tradicionales de este tipo, generalmente, son muy ineficientes porque mucha de la energía liberada se desperdicia y pueden causar contaminación cuando no se realizan bajo condiciones controladas.

La producción de electricidad precisa de sistemas aún más complejos dado el bajo poder calorífico de la biomasa, su alto porcentaje de humedad y su gran contenido en volátiles.

Para ello se necesitan centrales térmicas específicas con grandes calderas, con volúmenes de hogar mayores que si utilizara un combustible convencional, que conllevan inversiones elevadas y reducen su rendimiento, según (Del Campo, 2007).

- **Generación Eléctrica**

  La combustión de biomasa involucra un rango de tecnologías desde quemas a cielo abierto y estufas tradicionales para cocinar hasta hornos altamente controlados usados para la generación de energía y para aplicaciones del calor y energía combinados (CHP), que se conoce como cogeneración. La capacidad total instalada en la generación de energía con biomasa alrededor del mundo es aproximadamente 50000 MW, incluyendo la combustión de una larga escala de combustibles sólidos, así como también pequeños digestores a escala y aplicaciones de los gases de vertederos de basura
  El tipo más común de planta de generación usando biomasa como combustible hoy en día utiliza el ciclo de vapor convencional de Rankine.

  El combustible es quemado en una caldera, la cual consiste de una cámara de combustión con uno o más intercambiadores de calor usados para generar vapor. Típicamente estas unidades de eficiencia media diseñadas para usar biomasa como combustible, generan vapor a temperaturas y presiones de entre 540 °C y 6-10 MPa, sin

embargo los sistemas instalados incluyen presiones de hasta 17 MPa.

El vapor generado es expandido a través de una o más turbinas (o turbinas multietapas) que manejan un generador eléctrico. En sistemas pequeños, motores reciprocantes y de tipo tornillos son usados en lugar de turbinas de vapor. El vapor agotado de la turbina es condensado, y el agua es recirculada hacia la caldera a través de bombas de alimentación. Las incrustaciones del lado de los tubos en los súper calentadores de vapor y otros equipos de intercambio de calor en las calderas por las cenizas son una preocupación particular con los combustibles biomásicos, y los diseños de los grandes generadores incorporan frecuentemente sopladores de hollín para una limpieza intermitente. (Brown, 2011).

La tecnología de ciclo de vapor para generación eléctrica alcanza una mayor viabilidad económica en grandes plantas de cientos de megavatios, en las que las turbinas son más eficientes y adquieren un óptimo índice de inversión/ rendimiento. Así mismo, los costes de operación y mantenimiento y el costo específico de combustible se reducen considerablemente. Sin embargo la baja densidad energética de la biomasa encarecen los costos de recolección y transporte, lo que determina que la cantidad del combustible disponible de forma económicamente viable sea limitada para estas grandes plantas.

Por ello, la producción de electricidad con biomasa debe llevarse a cabo en plantas relativamente de pequeño tamaño,

fuera del punto óptimo de eficiencia para la tecnología de ciclo de vapor. (García, 2008)

2.7.1.2 Procesos termoquímicos

Estos procesos transforman la biomasa en un producto de más alto valor, con una densidad y un valor calorífico mayor, los cuales hacen más conveniente su utilización y transporte.

Cuando la biomasa es quemada bajo condiciones controladas, sin hacerlo completamente, su estructura se rompe en compuestos gaseosos, líquidos y sólidos que pueden ser usados como combustible para generar calor y electricidad. Dependiendo de la tecnología, el producto final es un combustible sólido, gaseoso, o combustible líquido. El proceso básico se llama pirolisis o carbonización. (Forcer, 2002)

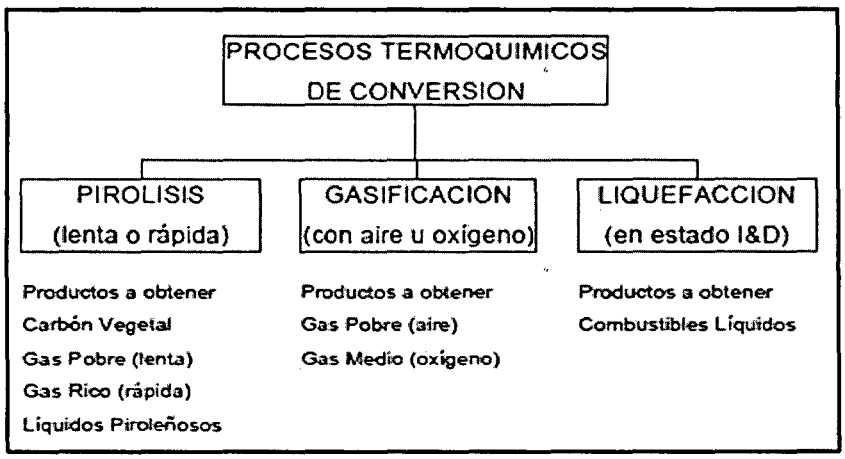


Figura 3.Clasificación de los procesos termoquímicos

2.7.1.3 Procesos bioquímicos

Los procesos bioquímicos se basan en la degradación de la biomasa por la acción de micro organismos para producir

combustibles gaseosos y líquidos. Son más apropiados para la conversión de biomasa húmeda que los procesos termo-químicos., y pueden dividirse en dos grandes grupos: los que se producen en ausencia de aire (anaeróbicos) y los que se producen en presencia de aire (aeróbicos).

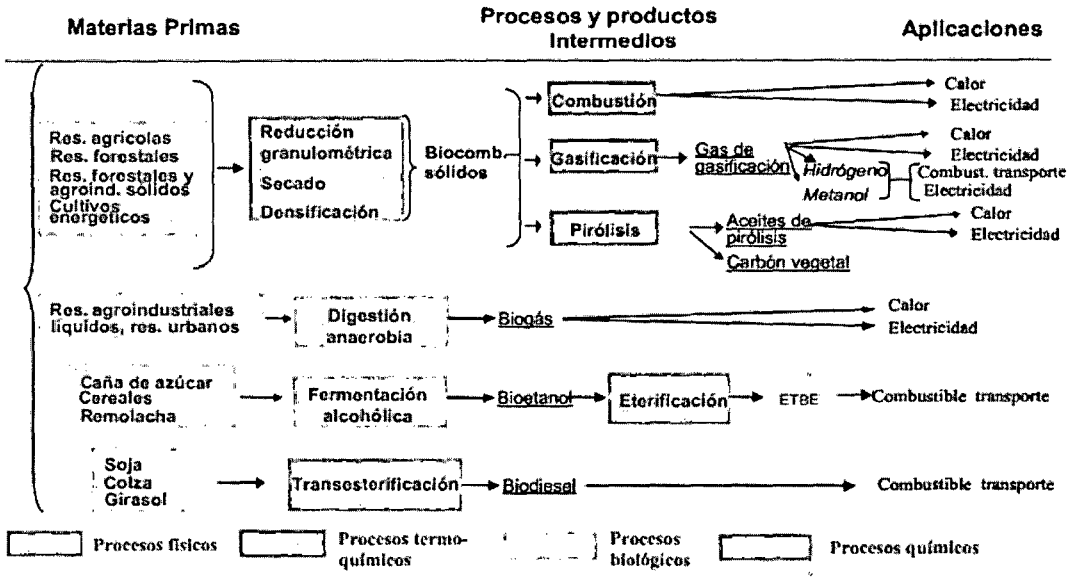


Figura 4. Procesos de conversión de la biomasa y aplicaciones de sus productos.

2.8. Generalidades del cacao.

Según estudios genéticos, el cacao, cuyo nombre científico es *Theobroma cacao*, de la familia de Sterculiaceae., es nativa de América del Sur, de la cuenca del rio Orinoco y rio Amazonas. Ahora se extiende desde Brasil a México en las Américas, en zonas tropicales, y la siembra en el oeste de África también.

El cacaotero es un árbol necesitado de humedad y calor, de hoja perenne y siempre floreciente, crece entre los 6 y los 10 m de altura. Requiere sombra (crecen a la sombra de otros árboles más grandes como cocoteros y plataneros), protección del viento y un suelo rico y poroso, pero no se

desarrolla bien en las tierras bajas de vapores cálidos. Su altura ideal es, más o menos, a 400 m. El terreno debe ser rico en nitrógeno y en potasio, y el clima húmedo, con una temperatura entre los 20 °C y los 30 °C (Angulo Garvizu, 2008).

Sus pequeñas flores de color rosa y sus frutos crecen de forma inusual: directamente del tronco y de las ramas más antiguas. El fruto es una baya denominada maraca o mazorca, que tiene forma de calabacín alargado, se vuelve roja o amarillo purpúrea y pesa aproximadamente 450 g cuando madura (de 15 a 30 cm de largo por 7 a 12 de ancho). Un árbol comienza a rendir cuando tiene 4 ó 5 años. En un año, cuando madura, puede tener 6.000 flores pero sólo 20 maracas. A pesar de que sus frutos maduran durante todo el año, normalmente se realizan dos cosechas: la principal (que empieza hacia el final de la estación lluviosa y continúa hasta el inicio de la estación seca) y la intermedia (al principio del siguiente periodo de lluvias), y son necesarios de cinco a seis meses entre su fertilización y su recolección (Angulo Garvizu, 2008).

La mazorca tiene una corteza rugosa de casi 4 cm de espesor. Está rellena de una pulpa rosada viscosa, dulce y comestible, que encierra de 30 a 50 granos largos (blancos y carnosos) acomodados en filas en el enrejado que forma esa pulpa. Los granos o habas del cacao tienen la forma de las judías: dos partes y un germen rodeados de una envoltura rica en tanino. Su sabor en bruto es muy amargo y astringente.

Su clasificación taxonómica según Linneo (1753), dio al árbol de cacao el nombre de Theobroma Cacao (cacao: "bebida de los dioses"), por su exquisito aroma y sabor. Se clasifica así:
Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsidae

Orden: Malvales

Familia: Sterculiaceae

Género: Theobroma

Especie: cacao

Nombre científico: Theobroma cacao. L.

2.9. Descripción botánica de la planta.

Raíz.

La raíz principal es pivotante o sea que penetra hacia abajo, especialmente los primeros meses de vida de la planta, puede crecer normalmente entre 120 y 150 cm, alcanzando en suelo hasta 2m. Luego nacen muchas raíces secundarias (hacia los lados), el mayor volumen (entre 85 – 90%) de las cuales se encuentran en los primeros 25cm de profundidad del suelo alrededor del árbol (PROAMAZONIA, 2004).

Tallo.

La planta de *Theobroma cacao* se caracteriza por ser una planta de 5 -8 m de altura, aunque hay árboles adultos del tipo "nacional", pueden llegar a medir hasta los 15 m a más (IICA, 2006).

Hojas.

Son simples, enteras y pigmentadas, variando mucho el color de esta pigmentación, la mayoría son de color verde bastante variable. Algunos árboles tienen hojas tiernas bien pigmentadas (coloreadas) que pueden llegar a ser de un color marrón claro, morado rojizo; también las hay de color verde pálido (casi sin coloración (INIAP, 2004).

Flores.

La flor individual es hermafrodita o completa sostenida por el peciolo (rabillo) provista de una constricción en la base, en la que se puede producir su abscisión; su longitud varia de 1 – 3 cm, con un diámetro que fluctúa

entre 0.5 – 1 cm. Su fórmula floral es S5, P5, E5 + 5 + G (5) (PROAMAZONIA, 2004).

Fruto.

El fruto del cacao llamado comúnmente mazorca es una drupa grande, sostenida por un pedúnculo fuerte fibroso, que procede del engrosamiento del pedicelo floral; su forma varía considerablemente y a servicio de base para determinar las diferentes variedades dentro de la especie (PROAMAZONIA, 2004).

Semilla.

La semilla o almendra de cacao está cubierta por una pulpa acida azucarada llamada arilo o mucilago, conocida como baba. En una mazorca se encuentra de 20 – 50 almendras unidas en un eje central llamado placenta. El tamaño forma y color de la semilla varía de acuerdo al tipo de cacao, dentro de ciertos límites. (PROAMAZONIA, 2004).

2.10. Cultivos de cacao en Ucayali.

En el periodo del 2005 al 2007 el Programa de Desarrollo Alternativo sentó las bases en el manejo técnico del cultivo de cacao, logrando establecer más de 2,000 ha de cacao con diferentes clones altamente productivos tales como: el CCN 51, ICS 95, Híbridos y criollos, sin embargo las familias del Distrito de Irazola dedicadas a la actividad cacaotera tienen baja producción y productividad, en su mayoría cuentan con 1.5 ha de cacao en diferentes etapas de desarrollo y que de manera conjunta 840 ha ya entraron a producción con un rendimiento promedio de 300kg/ha/año.

En Mayo del 2008 La Municipalidad de Irazola ha empezado a instalar 620 hectáreas en el marco de la Alianza entre la Municipalidad y el PDA para la instalación de un total de 800 has.

Tabla 3. Hectáreas de cacao sembradas en Irazola.

Estado del cultivo	Superficie (has)
En Producción (Promedio 300 kg/ha)	840.00
Al segundo año de crecimiento	468.00
Al primer año de crecimiento	233.00
Con injerto crecido	136.00
Trasplantadas a campo definitivo sin injertar	178.00
En viveros *	620.00
TOTAL	2,475.00

*Fuente: * Avance de instalación en el marco de la Alianza entre la Municipalidad de Irazola y el PDA*

2.11. Cultivo de la caña de azúcar

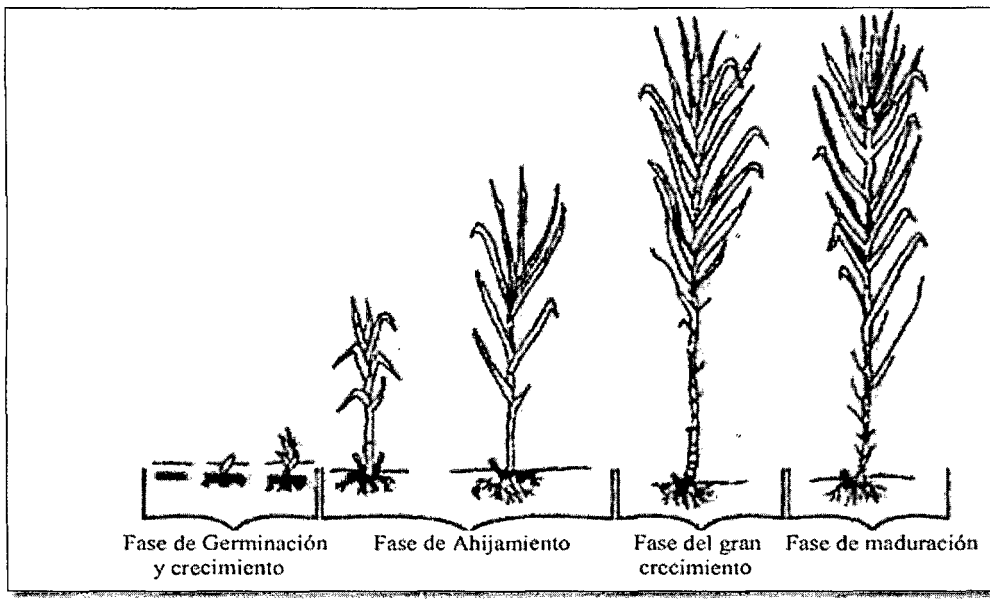


Figura 5. Cultivo de caña de azúcar

La caña de azúcar es una planta gramínea originaria de Nueva Guinea, desde donde se fue extendiendo a Asia y otros países tropicales y subtropicales.

Esta planta consta de tres partes: una subterránea, carente de hojas y perenne, y otra aérea y anual, con hojas que llegan a alcanzar de dos a

siete metros de longitud. El color de la planta depende de las variedades. En su parte superior encontramos la panocha, que mide unos treinta centímetros de largo. La floración se presenta durante el primer año de cultivo.

Los climas apropiados para su explotación son los tropicales y en ocasiones, los subtropicales; los suelos más indicados, los llanos, ricos en calcio y próximos al mar.

La siembra se realiza con estacas, que es el procedimiento usado más corrientemente. La germinación exige la presencia de humedad en el suelo; además, durante el cultivo, hay que suministrar sólo una cantidad prudencial de agua, porque el riego excesivo contribuiría al crecimiento de las malas hierbas.

La faena de la recolección se lleva a cabo entre los once y los dieciséis meses de la plantación, es decir, cuando los tallos dejan de desarrollarse, las hojas se marchitan y caen y la corteza de la capa se vuelve quebradiza.

2.12. Descripción de residuos de la agroindustria azucarera.

Cachaza: La cachaza o torta, es un residuo rico en Nitrógeno, fósforo y calcio, que resulta del proceso de clarificación del guarapo, incluye en su contenido materias terrosas y una cantidad importante de materia orgánica.

Ceniza:

En la agroindustria azucarera existen las cenizas cuyo principal componente es el óxido de Silicio (SiO), que puede facilitar la solubilización de fósforo.

El bagazo de caña:

El bagazo es el subproducto o residuo de la molienda o difusión de caña, la fibra leñosa de la caña, en el que permanecen el jugo residual y la humedad provenientes del proceso de extracción. Al decir fibra se hace referencia a todos los sólidos insolubles, fibrosos y no fibrosos.

La gran mayoría del bagazo producido, que equivale aproximadamente a una tercer parte de toda la caña molida del

mundo, sirve como combustible para la generación de vapor en los ingenios productores de azúcar crudo.

El manejo del bagazo como combustible para locomotoras, uso doméstico y otros similares se facilita comprimiéndolo para formar briquetas, algunas veces con melazas para facilitar la adhesión.

3.2.6.- Energías renovables.

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales. (Ramos, 2014).

3.2.6.1.- Clasificación de las Energías Renovables.

Las fuentes renovables de energía pueden ser.

- Energía solar.
- Energía eólica.
- Energía hidráulica.
- Energía mareomotriz.
- Energía geotérmica.
- Energía Undimotriz.

3.3.- Estado actual de la bioenergía en el Perú y el mundo.

El Perú es un país privilegiado por la diversidad de recursos energéticos que posee, tanto renovables como no renovables. Dentro de los recursos energéticos no renovables están las reservas de petróleo crudo que en años anteriores han jugado un papel muy importante en el abastecimiento de la demanda energética del país y que actualmente se va escaseando. Entre las fuentes no renovables, se encuentra el gas natural (especialmente con el inicio del proyecto Camisea en el año 2004) quien a cubierto parte del déficit en la producción de petróleo crudo, desplazando por medio de sus derivados la generación térmica con petróleo diésel e incursionando progresivamente en los sectores industrial, comercial, transportes y residencial. (Ramos, 2014).

En este escenario con recursos no renovables agotables que demanda su pronto incremento a través del descubrimiento de nuevas reservas (afortunadamente todo avizora que las reservas de gas natural se van a incrementar notoriamente en las próximas décadas), nuestra sociedad debe plantear de manera planificada y sustentada, cuál va ser la mejor estrategia para abastecer la demanda energética derivada del crecimiento económico sostenido desde los años 90 y que se espera continúe a un ritmo similar en las siguientes décadas. (Ramos, 2014).

3.4.- Combustibles sólidos en el Perú.

La biomasa como fuente de energía tiene más posibilidades de ser utilizada en sistemas aislados en los que no hay otros recursos renovables. Entonces, en el país existen tres grandes regiones en las que la biomasa tiene un potencial interesante para ser usada con fines energéticos de mediana y gran escala. Así, en la Costa Norte (bagazo y follaje de la caña de azúcar, cascarilla de arroz, broza de algodón), en la Selva Alta (cascarilla de café, pulpa del café y cacao, residuos de la palma aceitera, residuos forestales), y en la Selva Baja (residuos forestales). (García.Bustamante, 2013).

Mención aparte merece el potencial energético que se puede obtener a partir de las microalgas. Diversos estudios realizados, incluido uno en nuestro país a cargo del Instituto del Mar del Perú (Imarpe),2 evidencian que el potencial de producción de biodiesel a partir de ciertas especies de microalgas es mayor que el de cualquier otro cultivo agroenergético como, por ejemplo, la palma aceitera, el piñón o la soya. No obstante esta tecnología está aún en fase de investigación y no llega a su etapa comercial, por lo que se prevé que a futuro cuando los costos de producción se reduzcan debido al desarrollo del mercado y se completen los paquetes tecnológicos, se obtendrá un excelente potencial para producir biodiesel a partir de este recurso.

Respecto al consumo de leña, en la Costa Norte una gran proporción proviene de los bosques secos del Norte. En la Sierra, considerada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como en situación de escasez aguda de biomasa, los ecosistemas naturales usualmente utilizados como fuente de energía son los bosques de queñuales y otras formaciones boscosas como los totorales y los yaretales. En esta región las plantaciones de eucalipto han contribuido parcialmente a solucionar el problema energético, lo que ha impulsado la realización de

programas intensivos de reforestación con fines energéticos. (García.Bustamante, 2013).

Finalmente, en la Selva, la abundancia de biomasa permite afirmar que su consumo no tiene restricción.

Malasia e Indonesia son los más grandes productores de aceite de palma en el mundo, y ellos han hecho diversos estudios sobre aprovechamiento energético de los residuos de la extracción del aceite de palma. En el año 2000 T.M.I Mahlia, M.Z. Abdulmuin, T.M.I. Alamsyah, D. Mukhlishien realizaron un estudio sobre fibra de palma y la cascara obtenidos de la transformación de aceite de palma. En el 2002Husain, Z.A. Zainal, M.Z Abdullah expusieron un análisis de la biomasa residual basado en sistemas de cogeneración en extractoras de palma aceitera. El estudio se hizo en siete extractoras de palma aceitera de Perak Malasia. El objetivo principal del estudio fue determinar la eficiencia para la caldera y turbina, factor de utilización de la energía, la tasa de extracción de aceite y la tasa de calor/potencia, para diversas extractoras de aceite de palma que trabajan en condiciones normales y adoptando los mismos procesos.
En el 2005 S. Prasertsana, B. Sajjakulnukib exponen un estudio sobre energía de la biomasa y biogás en Tailandia. En este trabajo se manifiesta, la situación energética de la biomasa y el biogás en Tailandia.
En Colombia se realizó un estudio sobre el aprovechamiento energético de los residuos de la industria de la palma. En el año 2007, F.R.P. Arrieta, F.N. Teixeira, E. Yañez, E. Lora, E. Castillo presentaron un artículo sobre el potencial de cogeneración en la industria de palma aceitera colombiana. En este trabajo se muestran los resultados del estudio acerca del potencial de la cogeneración para tres plantas extractoras de palma aceitera representativas situadas en dos importantes regiones productoras en Colombia.

2.9.1 Potencial Energético en el Perú

La actual política energética del Perú tiende a diversificar la matriz energética, mediante el desarrollo de las fuentes primarias disponibles en el país, también llamadas fuentes energéticas autóctonas. Esta tendencia significa que debemos de consumir lo que tenemos en abundancia y dejar de consumir lo que no producimos e importamos, principalmente el Diésel.

El Perú ya posee compromisos en firme, como la Política Nacional Energética 2010-2040 y en la reunión ministerial de la XVI Conferencia de las Partes de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, el país ha

reafirmado los compromisos voluntarios asumidos ante NN.UU. para modificar su matriz energética actual y alcanzar un 40% de utilización de energías renovables al año 2021, contribuyendo así a la mitigación de los efectos del cambio climático a nivel mundial.

Para la promoción de la bioenergía, el país cuenta con un marco normativo. Entre las normas y acciones de política energética hacia este fin, se tienen las siguientes:

El 23 de octubre de 2007, mediante Decreto Supremo N° 053-2007-EM, se aprobó el Reglamento de la Ley N° 27345 "Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía", el cual señala, entre otros, que el Ministerio de Energía y Minas elaborará el inventario nacional del potencial de los recursos energéticos y establecerá programas para el uso eficiente de la energía.

Por otro lado, según el Balance Nacional de Energía 2009, el consumo final de energía proveniente de la biomasa (leña, bosta/yareta, bagazo y carbón vegetal) alcanza el 16,6% del total, según dicho documento no existen exportaciones de energía proveniente de la biomasa.

Mediante el Decreto Supremo N° 026-2010-EM, publicado el 28 de mayo de 2010, se creó la Dirección General de Eficiencia Energética (DGEE), como el órgano técnico y normativo encargado de proponer y evaluar la política de eficiencia energética y energías renovables no convencionales, promover la formación de una cultura de uso racional y eficiente de la energía, así como, conducir la planificación energética. Asimismo, es la encargada de proponer, expedir, según sea el caso, la normatividad necesaria en el ámbito de su competencia.

A través del D. S. N° 064-2010-EM, publicado el 24 de noviembre de 2010, se aprobó la Política Energética Nacional del Perú 2010 – 2040, estableciendo como visión, contar con un sistema energético que satisfaga la demanda nacional de energía de manera confiable, regular, continua y eficiente, que promueva el desarrollo sostenible y se soporte en la planificación y en la investigación tecnológica continua, y como uno de sus objetivos, contar con la mayor eficiencia en la cadena productiva y de uso de la energía.

En el marco de la política energética antes mencionada, la DGEE ha tomado la decisión de desarrollar un Estudio para determinar el potencial de la bioenergía, a fin de obtener información que permita establecer programas energéticos para un eficiente y sostenible uso de la biomasa en

la producción de energía. El Estudio incluye una línea base de la biomasa y establece el potencial de desarrollo de los tipos de energía indicados, incluyendo la industrialización de la biomasa, para la elaboración de pellets o briquetas a partir de residuos vegetales. (DGEE,2013).

Tabla 4.Recursos energéticos de biomasa en el Perú

BIOMASA	POTENCIAL TEÓRICO (GWh/año)
Forestal	
Bosques de libre disponibilidad	767 580
Residuos	
Agrícolas	8 048
Pecuarios	13 235
Vacuno	4 800
Urbano (por 4 millones de personas)	2 908
Agroindustriales	
Bagazo de caña	4700
Cáscara de arroz	710
Residuos de aserraderos	372

Fuente: MINEM-OTERG, 1990

2.10. Definición de Términos Básicos

Bagazo.- Es el producto que queda de la caña después de ser molida en los trapiches que extraen su jugo para la elaboración del azúcar y se emplea fundamentalmente como combustible en las calderas generadoras del vapor necesario para el accionamiento de las máquinas térmicas y para los procesos de calentamiento, concentración, cocimiento, secado, destilación de alcohol.

Mazorca de cacao: Es parte del fruto en donde se almacenan las semillas de cacao.

Hemicelulosa.- las hemicelulosas a diferencia están compuestas de diferentes azucares formando cadenas más cortas y con ramificaciones.

Lignina.- es el polímero más abundante en el mundo vegetal y su función es asegurar protección contra la humedad y los agentes atmosféricos además de actuar como elemento aglomerante de las fibras.

Bioenergía.- es el término colectivo dado a la energía derivada de biomasa.

Biomasa. En la producción energética y en la industria significa masa derivada de material biológico, usualmente plantas. Cubre un rango muy amplio de fuentes vegetales, incluyendo aquéllas utilizadas directamente para combustible (por ejemplo, leña), y aquéllas que se procesan en biocombustibles (maíz, soya, caña de azúcar, Jatropha, etc.). También puede ser usado para incluir desechos biológicos animales y humanos, que aunque son fuente importante de energía local en muchas partes del mundo, no se consideran aquí porque no son utilizadas actualmente para generar energía a gran escala (ver también "desechos municipales" arriba).

Biomasa primaria. Es la materia orgánica formada directamente por los seres fotosintéticos (algas, plantas verdes y demás seres autótrofos). Este grupo comprende toda la biomasa vegetal, incluidos los residuos agrícolas (paja o restos de podas) y forestales (leñas).

Biomasa secundaria: es la producida por los seres heterótrofos que utilizan en su nutrición la biomasa primaria. Este tipo de biomasa implica una transformación biológica de la biomasa primaria para formar un nuevo tipo de biomasa de naturaleza distinta a la inicial. Un ejemplo sería la carne o las deyecciones debidas a los animales herbívoros.

Biomasa terciaria: Es la producida por los seres que se alimentan de biomasa secundaria, como sería el caso de la carne de los animales carnívoros, que se alimentan de los herbívoros.

Poder Calorífico.- Es la cantidad de calor que entrega un kilogramo, o un metro cúbico, de combustible al oxidarse en forma completa. Es decir cuando el carbono pase a anhídrido carbónico.

Poder Calorífico Superior (PCS): Es el calor producido por la combustión completa de un kilogramo de combustible a 0 °C y a 760 mm de Hg de presión, cuando todos los productos de la combustión se reducen a las mismas condiciones.

Poder Calorífico Inferior (PCI): Es el calor producido cuando el agua presente en el combustible y la resultante de la combustión del hidrógeno permanece en estado de vapor

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 Tipo de Investigación.

El tipo de Investigación que se utilizó en el estudio fue:

3.1.1.- Investigación Descriptiva y Cuantitativo.

Desde una posición **prospectiva** por la naturaleza de la toma de datos y **Transversal** según el tratamiento de datos para el presente estudio. (Supo, 2012).

3.1.2 Nivel de investigación.

El nivel de la investigación es descriptiva para ellos se utilizó métodos cualitativos y cuantitativos, para luego compararlos y determinar cuál residuo de la Biomasa residual de la caña de azúcar y cacao tiene mayor o menor potencial energético.

3.2 Población y Muestra.

3.2.1 Población.

La población estuvo conformada:

Para el cacao son 2,885 hectáreas en producción con diferentes clones altamente productivos tales como: el CCN 51, y el AROMATICO.

Para la Caña de azúcar es de 150 Toneladas de bagazo de Caña, que se genera al día en el proceso de producción de azúcar de la empresa azucarera (LUDAFA Y COSAZU).

3.2.2. Muestra.

La muestra se tomó de la siguiente forma:

Se seleccionó 5 parcelas (has/uno) demostrativas las misma que fueron empleados para proceso de monitoreo e investigación por parte del ICRAF

(Centro Mundial Agroforestal), de las cuales se tomó la cascara de cacao de 5 frutos por parcela, siendo un total de 25 muestras.

Para el caso de bagazo de caña se tomó 3 muestras por cada empresa, dada uno de ellos de 1 kg. En total se tomó 06 muestras.

3.2.3.- Ubicación del área de estudio.

La investigación se realizó en el tramo comprendido entre la Provincia de Coronel Portillo y Padre Abad, en las plantas Azucareras que se encuentran ubicados en la Carretera Federico Basadre; Km 43, al Km 55 y las plantaciones del valle de San Alejandro, Distrito de Irazola Provincia de Padre Abad.

3.3 INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

3.3.1 Materiales

- Tablero de campo
- Libreta de campo
- Lápiz
- Lapiceros.
- Crisoles
- Tenazas
- Guantes

3.3.2 Equipos

- Gps
- Cámara Digital
- Laptop
- Balanza Analítica.
- Mufla
- Estufa
- Desecador

3.4 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1.- Evaluación de Áreas y rendimiento de cultivos.

Se procedió a recoger información sobre la producción referente a áreas cosechadas y rendimiento del cultivo de Caña de Azúcar y Cacao, para ello se entrevistó a los productores y miembros de las asociaciones de productores de Cacao de las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad y se complementó con los datos proporcionados por la Dirección Regional Sectorial Agraria de Ucayali (DRSAU) Entidad del estado encargada de la política agropecuaria de la Región de Ucayali.

5.4.2.- Evaluación del Factor de generación de residuos.

Para conocer el factor de generación de residuos se visitó las dos empresas de industrialización de la caña de azúcar de la Región COSAZU y LUDAFA, entrevistando al jefe de planta y de procesos, para el caso del cacao se recogió información de cinco agricultores.

5.4.3.- Recolección de muestras

Las muestras de bagazo de caña fueron obtenidas de las plantas Azucareras, donde se acopiaron aproximadamente 3 kilos, muestras que fueron transportadas a la ciudad de Pucallpa y finalmente al laboratorio donde pasaron los análisis propuestos; en lo que respecta a la cáscara de Cacao, las muestras fueron recolectadas de 5 parcelas del ámbito del Valle de san Alejandro.

5.4.3 Análisis inmediato

El análisis inmediato consistió en calentar, pesar, quemar una muestra pulverizada, para determinar su contenido de humedad, materia volátil, cenizas y carbono fijo. Estos análisis se hicieron con el propósito de conocer las características fisicoquímicas de las muestras.

5.4.4.1. Porcentaje de Humedad

Para determinar el contenido de humedad de los residuos de Caña de Azucar (Bagazo de Caña) y cáscara de Cacao se utilizó el procedimiento establecido en la NTP (Norma Técnica Peruana) 251.010, que consistió en pesar muestras de residuos (Pha) secarla en estufa regulada a 103 ± 2 °C. hasta peso constante y determinar el peso final (Psa) y aplicar la siguiente fórmula:

$$Ch = \frac{(\mathbf{Pha} - \mathbf{Psa})}{\mathbf{Pha}} x\ \mathbf{100}$$

Donde:

Ch: es el contenido de humedad de las piezas expresado en porcentaje.

Pha: es el peso húmedo de las piezas expresado en gramos.

Psa: es el peso seco de las piezas expresado en gramos.

5.4.4.2. Contenido de cenizas.

Se pesaron 2 ± 0,1 gramos de muestra en base seca los residuos de Caña de Azucar (Bagazo de Caña) y cáscara de Cacao y se colocaron dentro de una cápsula de porcelana de peso conocido (crisoles). Luego se colocó la Cápsula en la Mufla a una temperatura de 800 °C por un tiempo de 2 horas, hasta su incineración total, esto se comprobó observando el color blancuzco de las cenizas. Luego se retiró la cápsula con las cenizas y se colocó en la campana desecadora, y se dejó enfriar por 30 minutos. Seguidamente se determinó el peso de la cápsula con las cenizas descontando el peso del crisol. El contenido de ceniza se determinó de acuerdo a la norma ASTM D - 1762, mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{\mathbf{PCb}}{\mathbf{Phc}} x\ \mathbf{100}$$

Donde:

C: es el porcentaje de ceniza dela muestra

PCb: es el peso de las cenizas blancas

Phc: es el peso húmedo o acondicionado de la muestra.

5.4.4.3. Contenido de material volátil

Se pesaron 2 ± 0.1 gramos de muestra seca (Bagazo de Caña y Cascara de Cacao) y se colocaron dentro de un crisol con tapa de peso conocido. El crisol fue colocado en la entrada de la mufla, cuyo termómetro marco una temperatura de 900 °C, y se dejó por un espacio de 7 minutos. Después de haber cumplido el tiempo se retiró el crisol y se colocó en una campana desecadora, dejando enfriar por 25 minutos. Luego se separó el crisol con las muestras; descontando el peso del crisol, luego se procedió a efectuar los cálculos del peso final y el porcentaje de materias volátiles. Para tal efecto se calculó de acuerdo a la norma ASTM D – 1762, con la siguiente fórmula:

$$MV = \frac{(\mathbf{Phc} - \mathbf{Pfm})}{\mathbf{Pfm}} x\ \mathbf{100} - H$$

Donde:

MV:es la materia volátil de la muestra

Phc: es el peso húmedo de la muestra

Pfm: es el peso final de la muestra

H: es el contenido de humedad en porcentaje

5.4.4.4. Determinación del carbono fijo.

Para el cálculo del porcentaje del carbono fijo se determinó de acuerdo al procedimiento establecido en la norma ASTM D – 1762, utilizando la formula siguiente:

$$CF = 100 - (H + C + MV)$$

Donde:

CF es el contenido de carbono fijo expresado en porcentaje.

H es el contenido de humedad expresado en porcentaje

MV es el contenido de materia volátil expresado en porcentaje.

C es el contenido de cenizas expresado en porcentaje.

5.4.4 Determinación de Poder Calorífico (PC)

Se tomaron una muestra de cada residuo (Bagazo de Caña y Cáscara de Cacao), las cuales fueron debidamente preservadas, empacadas y enviadas al laboratorio la Universidad Nacional Agraria la Molina – Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos; para el análisis de Poder Calorífico Inferior, utilizando una bomba calorimétrica y siguiendo la norma ASTM METHOD D-2015-66 (1972).

5.4.5 Determinación de Potencial Energético.

5.4.5.1. Modelo Matemático para el cálculo del PE de biomasa residual.

La cuantificación de la energía presente en los residuos de bagazo de caña y cascara de cacao se determinó mediante el desarrollo de un modelo matemático que involucra la masa total de residuo seco y poder calorífico inferior (PCI). La masa total del residuo seco en función del área cosechada, el rendimiento del cultivo, el factor de residuo y el contenido de

humedad. La metodología para evaluar el PE de los residuos de bagazo de caña y cascara de cacao puede ser extensible a los demás cultivos.

Los residuos que se utilizaron para calcular el potencial energético fueron Bagazo de Caña y Cáscara de Cacao. El cálculo de PE se realizó para cada residuo con el modelo descrito en la ecuación 1 para las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad reportado en la base de datos de la Dirección Regional de Agricultura del año 2014, se determinó la provincia con mayor concentración de biomasa residual de Bagazo de caña y Cáscara de Cacao.

Ecuación 1.

Potencial de cada residuo:

$$\textbf{PE Residuos} = A * Re * Fp\text{-}e * Fh * PCI$$

Ecuación 2.

Potencial de todos los residuos:

$$PE_{Residuos\ Total} = A * R_e * \Sigma_{i=1}(F_{p\text{-}e} * F_h * PCI * K)$$

En donde:

PE = Potencial Energético.

A= Área cultivadas (Has)

Re = Rendimiento del Cultivo (Toneladas de producto/hectárea)

Fp-e = Factor de generación de residuos. (Relación entre la masa del residuo)

Fh= Factor de Humedad 100-%humedad (peso seco/peso fresco)

PCI= Poder calorífico Inferior (KJ/toneladas de residuo seco).

K= $1x\ 10^{-9}$ factor de conversión de KJ a TJ

Fuente: Miranda & Amaris, (2009)

Finalmente se construyó una matriz Excel con los parámetros requeridos por el modelo matemático y se calculó el Potencial energético de los residuos sólidos de caña y cacao. (ver anexo. Tabla 13).

CAPITULO IV

RESULTADO Y DISCUSION.

4.1. Cálculos de las Características del cacao Aromático.

Tabla 5. Características físicas de la Cáscara de Cacao Aromático.

%Humedad	%Ceniza	%Materia Volatil	%Carbono Fijo
cacao aromatico	cacao aromatico	cacao aromatico	cacao aromatico
27.55	8.22	24.91	39.32
27.77	8.42	23.45	40.35
17.38	7.23	25.58	49.81
22.51	9.71	35.19	32.59
20.48	8.90	35.83	34.79
21.73	9.71	35.81	32.75
24.97	9.83	21.45	43.75
24.38	9.38	29.63	36.61
24.35	8.76	22.61	44.28
24.97	8.12	21.45	45.46
24.38	8.48	29.63	37.52
24.35	8.35	22.61	44.68
22.23	9.10	27.99	40.67
21.91	8.72	28.20	41.17
21.20	8.38	27.02	43.40

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se muestran los resultados de las características físicas de la Cascara de caco Aromático, con respecto al contenido de Humedad, Ceniza, Material Volátil y Carbono Fijo.

4.2. Análisis del factor de generación de los Residuos sólidos del proceso industrial de la Caña de azúcar (Bagazo de Caña) y Producción de granos de Cacao (Cáscara de Cacao) en la región Ucayali.

En la figura 6, se observa el factor de generación de residuos sólidos de los diferentes cultivos de industrialización; estos datos han sido proporcionados por las empresas COSAZU y LUDAFA para el caso de Bagazo de Caña de Azúcar y de la Asociación de Productores de Cacao para lo que respecta a la Cáscara de Cacao.

El factor de generación de residuos sólidos del Cacao está en base a una tonelada de granos de cacao, esto quiere decir que por una tonelada de granos de Cacao se produce 2.61 Toneladas de Cascara de Cacao.

Para el factor de generación de residuos sólidos de la Caña de Azúcar se tiene que por una tonelada de Caña de Azúcar se produce 0.33 Toneladas de Bagazo de Caña.

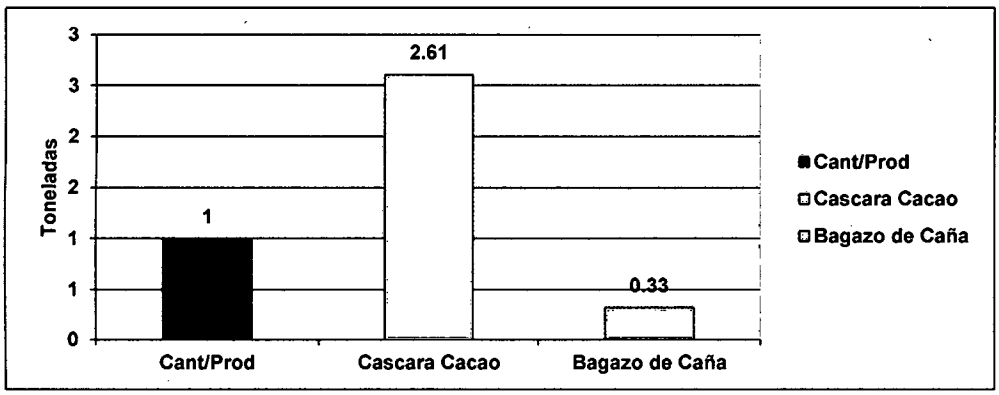


Figura 6. Factor de generación de residuos sólidos de la Caña de Azucar (bagazo) y Cacao (Cascara).

Tabla 6. Producción de residuos sólidos por año

Producción de bagazo de caña y cascara de cacao		Producción de residuos diarios tn	Producción de residuos mensual tn	Producción de residuos anual tn
Padre Abad	**Cascara Cacao**	12,57	382,36	4588,32
	Bagazo Caña	6,74	205,13	2461,58
TOTAL				**7049,91**
Pucallpa	**Cascara Cacao**	4,95	150,48	1805,76
	Bagazo Caña	11,62	353,49	4241,92
TOTAL				**6047,68**
		SUMA TOTAL		**13097,58**

En la tabla 6, se muestra que el total de residuos sólidos generados por el Bagazo de caña y cascara de cacao es **7049.91 Tn/año** para la Provincia de Padre Abad y para la Provincia de Coronel Portillo es de **6047.68 Tn/año**, esta diferencia se debe a que en Padre Abad hay mayor cantidad de áreas sembradas en producción (2087,21 has) en cacao y (331, 09 has) en bagazo de caña.

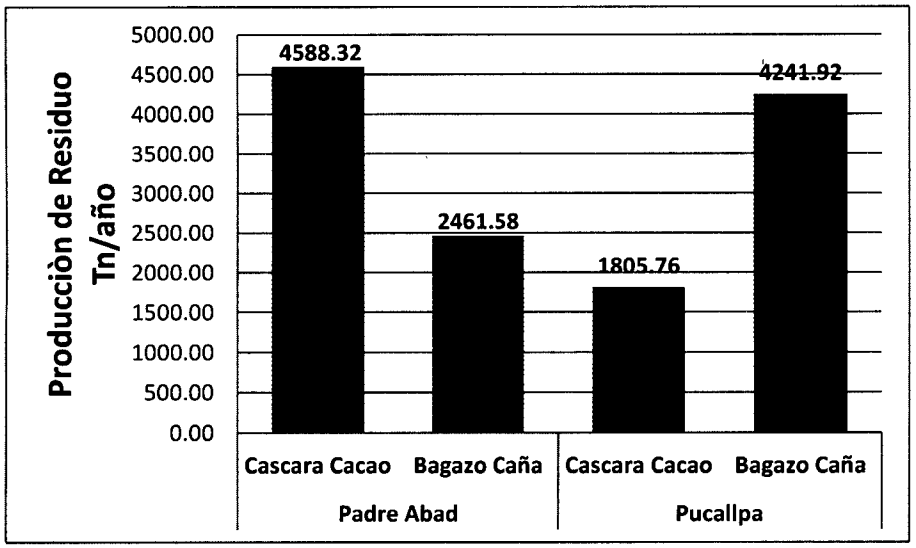


Figura 7. Cantidad de Residuos Sólidos de Cascara de cacao y Bagazo de caña en Tn/año.

En la figura 7, se relaciona la cantidad de residuo generado a nivel de las dos provincias, del cual la cascara de cacao es de mayor cantidad con **4588.32 Tn/año**, (Padre Abad) y es de menor cantidad la cascara de cacao con **1805.76 Tn/año**. (Coronel Portillo).

4.3. Análisis de las Características físicas de los Residuos Sólidos Agroindustriales Bagazo de caña y Cáscara de cacao.

En la figura 8, se muestra los valores porcentuales de las principales características físicas del Bagazo de Caña y de la Cáscara del Cacao, para este último se registró dos variedades que son el Cacao aromático y el Mejorado "CCN 51"

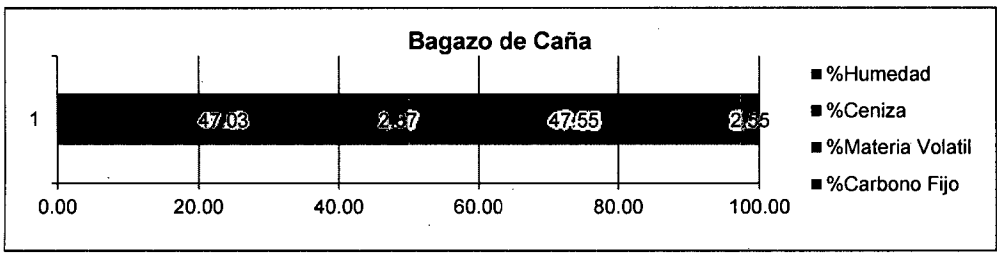


Figura 8. % Humedad, % de Ceniza, % de Material Volátil y % Carbono Fijo del Bagazo de caña.

El bagazo de Caña tiene un porcentaje considerable de Humedad (47.0%) y de material volátil (47.55%), con bajo contenido de cenizas (2.87%) y carbono Fijo (2.55%).

El estudio de caracterización Energética de bagazo realizado por Diaz, R (2008) en Riobamba, Ecuador, sostiene que el contenido de humedad del bagazo varía según la velocidad y la eficiencia de la molienda, esto quiere decir que a una velocidad lenta mayor es el aprovechamiento del jugo de caña, es por ello que en las azucareras de Hawai llegan a un porcentaje de humedad de 40%. Sin embargo sus resultados muestran un porcentaje de humedad de 46.4%, ligeramente inferior al nuestro, por otro lado los

porcentajes de ceniza tienen valores parecido (2.14% y 2.87%) al igual que en la cantidad de Material Volátil; excepto en el porcentaje de Carbono fijo, en la cual, el estudio de Diaz,R (2008) presenta un 4.15 % frente a nuestro resultado que presenta un 2.55%; por otro lado, comparando el valor del % Humedad con el estudio hecho por Garcés, Rosa; Martínez, Sandra.(2008) en el departamento de Risaralda en Colombia, muestran que el % humedad del bagazo de caña es de 47.2% valor muy similar a los resultados del presente estudio. esto significa que las características físicas del bagazo en diferentes lugares de Sudamérica no difieren en mucho los valores con respecto a %humedad, %ceniza, %Mat. Volátil y % Carbono Fijo.

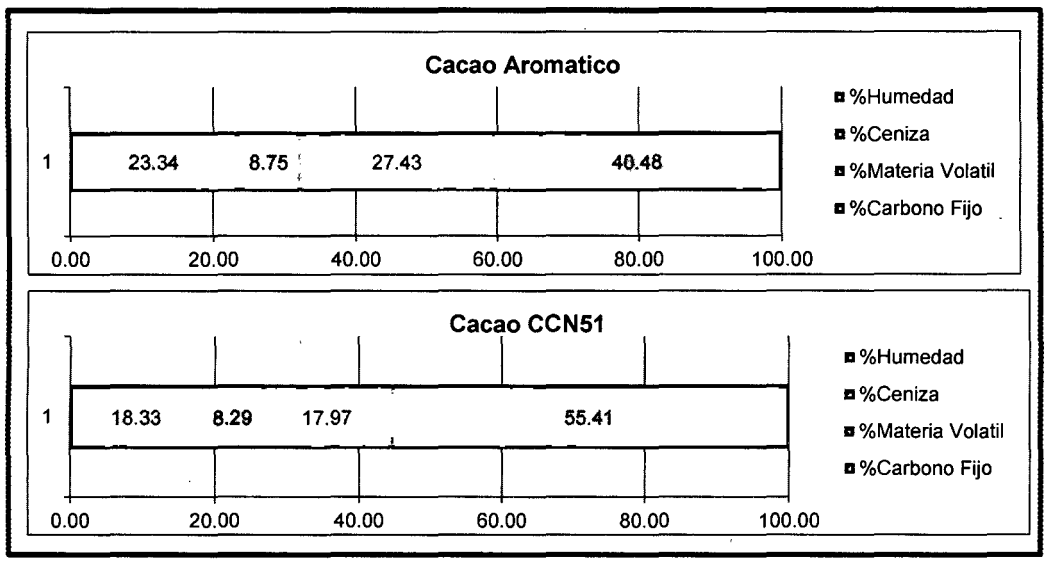


Figura 9. % Humedad, % de Ceniza, % de Material Volátil y % Carbono Fijo de la cascara de Cacao.

Para el caso de Cáscara de cacao se evaluaron dos variedades, el Cacao Aromático (***C.a***) y el Mejorado CCN51 (***C.m***); en lo que respecta al % de humedad el ***C.a*** contiene 23.34% y el ***C.m*** contiene 18.33%; para el caso de %de Material Volatil el ***C.a*** contiene 27.43% y el ***C.m*** 17.97%;para el caso de %de Carbono Fijo el ***C.a*** contiene 40.48% y el ***C.m*** contiene 55.41%, ambos resultados al ser evaluados mediante la ***T de Student*** para muestras Independientes, a un intervalo de confianza del 95% resulta que las medias entre las variedades son estadísticamente significativa;

mientras que para él % de ceniza no existe diferencia significativa entre ambas variedades. (Ver anexo tabla 12).

Existen escasos estudios en el Perú sobre el potencial energético de la cascara de cacao y en la Región de Ucayali no presentan este tipo estudios, la mayoría de los estudios están enfocados referente al uso alimenticio, mas no energético, dentro de ello podemos citar a Alba y Col (1954) que demostró el valor nutritivo de la cáscara de cacao para ganado vacuno, en estudios recientes podemos citar a Calderón, Matos (2011) y Bazararte y Col (2008) quienes hicieron un estudio referente al potencial que tiene la cascara de cacao como fuente de pectinas que puede ser utilizado en la industria alimentaria para el consumo humano y por ultimo Mora (2011) afirma que efectivamente la Cascara de Cacao tiene bondades alimenticias, sugiriendo el empleo de tecnologías para el aprovechamiento de la misma; un estudio de la FAO (2004) señala que la cascara de Cacao contiene alto contenido de Potasio, motivo por el cual los agricultores esparcen las cascara de Cacao en sus parcelas para que fertilicen sus cacaotales. Dicho lo anterior, todos los estudios están enmarcados en un punto de vista alimenticio y de fertilización, pero en nuestro estudio demostramos que también tiene características óptimas para ser aprovechado como combustible biomásico, por su bajo valor de % humedad, por su escasa producción de cenizas y valores óptimos de % de Material Volátil y Carbono Fijo. Por otro lado, Sanchez,Jhoana (2013) en su tesis de Maestría realizo un estudio en Cuenca-Ecuador en donde evaluó las características físicas del Cacao criollo y Cacao CCN51; para el parámetro de % humedad obtuvo un valor de 37.12% que es mayor a lo registrado en nuestro estudio que oscila entre 23.34% y 18.33%, para el caso de la cenizas nuestros resultado son superiores al estudio antes en mención ya que ellos registraron un porcentaje de ceniza de 1.14% y nosotros registramos un valor de 8.75% de ceniza, en los que respecto al materia volátil nuestros resultados son menores y con respecto al carbono

fijo nuestro resultados tienen mayor porcentaje a lo que registra Sanchez,Jhoana (2013).

Para utilizar biomasa como fuente de energía alternativa, es importante identificar el contenido de humedad, ya que este es un parámetro fundamental que define el proceso de conversión, mediante el cual se puede extraer su energía (Subero; Elena, 2010). En el presente estudio, el contenido de humedad del Bagazo de Caña y Cáscara de Cacao, oscilan, entre 18% y 47%, lo que indica que puede ser utilizado para procesos térmicos.

El contenido de cenizas influye mucho en los costos de procesamiento y transformación de la energía; un bajo porcentaje de ceniza y un alto contenido de material volátil son las ventajas que tienen del Bagazo de Caña y Cáscara de Cacao frente a los combustibles fósiles como el carbón la misma que presenta un 12% de cenizas y 36% de material Volátil, dichas características hacen que la biomasa en estudio sea ideal para procesos como pirolisis o gasificación (L. Cuiping, 2004)..

En cuanto al % de carbono fijo, los resultado son bajo para el bagazo de caña que alcanza un 2.55% con relación a la Cascara de cacao que alcanza para el ***C.a*** un 40.48% y para el ***C.m*** un 55.41% otros combustibles de biomasa (madera, leña, carbón vegetal) esto se debe a que existen mayor cantidad de enlaces carbono-oxígeno y carbono-hidrógeno y pocos enlaces carbono-carbono.

4.4. Comparación de las características físicas del Bagazo de caña y Cascara de Cacao con diferentes tipos de residuos de madera.

Tabla 7. Características físicas de los Bagazo de caña y Cascara de Cacao y principales maderas de la región

Biomasa	Humedad %	Ceniza %	Material Volátil %	Carbono Fijo %
Bagazo de caña	*47.03*	*2.87*	*47.55*	*2.55*
Cáscara Cacao Aromático	*23.34*	*8.75*	*27.43*	*40.48*
Cáscara Cacao CCN51	*18.33*	*8.29*	*17.97*	*55.41*
Aucatadijo	*12.39*	*3.07*	*7.22*	*86.46*
Humanzama	*11.09*	*2.71*	*10.30*	*85.74*
Sapote	*11.87*	*14.36*	*4.78*	*77.79*
Utucuro	*13.78*	*5.20*	*3.14*	*85.21*
Pashaco Blanco	*12.48*	*2.57*	*6.44*	*88.55*
Marupa	*13.02*	*1.77*	*2.40*	*90.44*
Yacushapana	*12.92*	*5.28*	*7.08*	*86.11*

En la tabla 7, se observa las características de los combustibles de biomasa derivados del aserrío de madera, en ella se observa que todas las especies estudiadas tienen un bajo porcentaje de humedad con respecto al Bagazo de Caña y Cascara de Cacao,; en cuanto al % de ceniza, el bagazo de caña muestra bajo porcentaje frente a los otros residuos, mientras que las cascara de cacao son mayores a los demás residuos excepto al residuo de la especie *Matisia Cordata Bonpl* "Sapote"; por otro lado observamos que el porcentaje de material volátil de nuestro resultado es demasiado alto con respecto a los valores de las otras especies, mientras que en carbono fijo el resultado es adverso; nuestros resultados presentan valores altos en los parámetros de %humedad y en material Voltil a lo que registra el estudio del Proyecto: "Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales" (Panduro, Carlos.; Santiago, Pio.; Guevara, Leticia & Espinoza, Maira, 2012).

4.5. Poder Calorífico del bagazo de caña y Cascara de Cacao.

Debido a que la producción del cacao CCN51 es escasa y en su mayoría siembra el Cacao aromático, el Análisis de Poder calorífico se hizo mezclando las dos variedades.

Se tomaron una muestra de cada residuo (Bagazo de Caña y Cáscara de Cacao), las cuales fueron debidamente preservadas, empacadas y enviadas al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina – Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos; para el análisis de Poder Calorífico Inferior, utilizando una bomba calorimétrica y siguiendo la norma ASTM METHOD D-2015-66 (1972).

El Instituto de Certificación, solo me proporcionó de cada residuo un resultado de poder calorífico, mas no los ensayos que se hicieron por muestra, debido a la política que ellos manejan como Instituto de Certificación, no les permite entregar los números de ensayos que se hacen por muestra. Solo te dan el resultado final de cada muestra como se observa en la tabla 8.

Tabla 8. Resultados de poder caloríficos del bagazo de caña y Cáscara de Cacao.

COMBUSTIBLE	PCI DE LAB. (Kcal/100 g)	PCI (Kcal/kg)
Cascara Cacao	374.54	3745.40
Bagazo de Caña	408.83	4088.30

En esta tabla se observa que el valor del poder calorífico del bagazo de Caña es mayor al de la cascara de Cacao; los valores de PCI de ambas muestra son menores en un 57.14% en comparación con los resultados obtenido por los residuos de la industria forestal (Aserrín), según el estudio hecho por (Panduro, Carlos.; Santiago, Pio.; Guevara, Leticia & Espinoza, Maira, 2012). Estos se deben a que el porcentaje de humedad del Bagazo de Caña y Cascara de Cacao es mayor que los residuos de las especies forestales. (ver anexo 3).

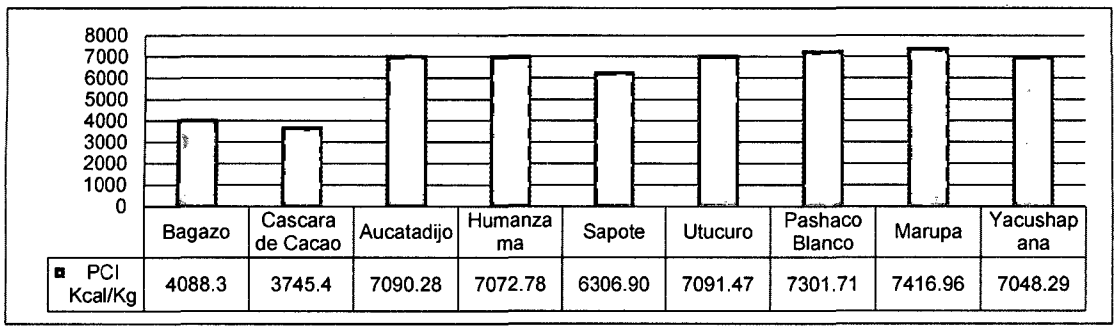


Figura 10. Poder calorífico de residuos Forestales y de Bagazo de Caña y Cascara de Cacao.

4.6. Potencial energético (PE).

En la siguiente tabla se muestran los resultados del potencial energético del Bagazo de Caña y Cascara de cacao), de acuerdo a la jurisdicción.

Tabla 9. Potencial energetico del bagazo de Caña y Cascara de Cacao en la Provincia de Padre Abad y Coronel Portillo.

Residuo	lugar	Área ha. (A)	Rendimiento del cultivo tn/ha. (Re)	Factor de generación de residuos (F p-e)	Factor de humedad (Fh)	Poder calorífico (PCI) KJ/Tn	PE TJ	PE TJ
Cascara Cacao	Coronel Portillo	797.92	0.87	2.61	0.77	15681240.72	21.71	60.17
Bagazo		567.40	23.00	0.33	0.53	17116894.44	38.46	
Cascara Cacao	Padre Abad	2087.21	0.84	2.61	0.77	15681240.72	55.16	75.60
Bagazo		331.09	22.88	0.33	0.53	15681240.72	20.45	
						TOTAL		**135.77**

En la tabla 9, observamos que la Provincia de Padre Abad tiene mayor Potencial Energético (PE), que la Provincia de Coronel portillo, debido a que tiene mayor cantidad de áreas sembradas de caña de azúcar y Cacao en producción, , El PE total para la región de Ucayali asciende a 135.77 TJ, la Dirección General de Eficiencia Energética, para el año 2013 señalo que el aserrín genera un PE de 857,26 TJ, la cual nuestro potencial encontrado equivale al 15 % de aserrín.

4.7. Potencia eléctrica proyectada.

En la siguiente tabla se observa la potencia eléctrica proyectada para la región de Ucayali de acuerdo al registro de los datos de cantidades referente a toneladas de Caña de azúcar y granos de Cacao registrados por la Dirección Regional Sectorial Agraria Ucayali (DRSAU) Campaña 2014 para ambas provincias.

Tabla 10. Potencia eléctrica.

POTENCIA (MW)		POTENCIA MW	POTENCIA TOTAL MW	DEMANDA PUCALLPA MW	CUBIERTA A LA DEMANDA PUCALLPA
Padre Abad	**Cascara Cacao**	3.50	10.46	55.00	19.02%
	Bagazo Caña	2.05			
Pucallpa	**Cascara Cacao**	1.38			
	Bagazo Caña	3.53			

Nota: La ciudad de Pucallpa demanda de 55 MW de potencia y la ciudad de Aguaytía demanda de 3.5 MW de potencia.

La potencia eléctrica proyectada la región de Ucayali, mediante el aprovechamiento del Bagazo de caña y Cáscara de Cacao equivale a 10.46 MW, esta valor estaría cubriendo en un 19.02% la demanda de la Ciudad de Pucallpa que actualmente es de 55 MW y estaría cubriendo aproximadamente 3 veces la demanda de la ciudad de Aguaytía que es de 3.5 MW.

V.- CONCLUSIONES.

- El potencial energético que genera el Bagazo de Caña asciende a 58.91 TJ al año y el potencial energético que genera la Cascar de Cacao es de 76.87 TJ al año.
- La Potencia eléctrica evaluada es de 10.46 MW, la misma que cubriría en un 19.02% la demanda de la Ciudad de Pucallpa (55 MW) y 3 veces la demanda de la ciudad de Aguaytía (3.5 MW) y se podría solucionar en un 19% el potencial energético de Pucallpa.
- El Bagazo de Caña y la Cáscara de Cacao son residuos aptos para su aprovechamiento como combustible para generar energía eléctrica.
- El Bagazo de Caña tienen mayor poder calorífico (4 088.30 Kcal/kg) que la Cáscara de Cacao que alcanza un 3 745.40 Kcal/kg.
- El factor de generación de residuo en un planta Azucarera en base a una tonelada de Caña de Azúcar equivale 0.33 toneladas que representa el 33%. en lo que respecta al Cacao por una tonelada de Grano de Cacao se genera 2.61 toneladas de Cascara
- Existe 567.4 has de caña de azúcar y 797.92 has de cacao en producción en la Provincia de Coronel Portillo y 331.09 has de caña de azúcar y 2087.21 has de cacao en producción en la Provincia de Padre Abad.
- El rendimiento del cultivo por hectárea es de: 23 tn/ha para Caña de Azúcar y 0.87 tn/ha para el Cacao para la Provincia de Coronel Portillo y 22.88 tn/ha para Caña der Azúcar y 0.84 tn/ha para el Cacao para la Provincia de Padre Abad.

VI. RECOMENDACIONES

- Según los establecido en el D.S. Nº 056-2009-EM. El GOREU puede otorgar concesiones hasta 10 MW o gestionar a PROINVERSION para los que pasen de 10 MW, con la finalidad de aprovechar la energía de biomasa para generar energía eléctrica, la misma que ayudaría a contribuir la demanda energética de le región de Ucayali, además dicha acción está enmarcada dentro de las estrategias de mitigación y adaptación del país al cambio climático

- El GOREU debe promover inversiones para el aprovechamiento de las oportunidades de bioenergía bajo el esquema de asociaciones público-privadas, generando cadenas productivas, fortaleciendo y creando capacidades en los recursos humanos locales, formando personal técnico en las regiones, fomentando las asociatividad de agricultores vinculándolos a cadenas productivas regionales y nacionales.

- Se debe realizar un estudio complementario de la factibilidad en el aprovechamiento del Bagazo de Caña y Cascara de Cacao como combustible de la Biomasa, con la finalidad de definir la tecnología adecuada para su aprovechamiento.

VII BIBLIOGRAFIA.

1. AIE, 2012 Key World Energy Statistics. Agencia Internacional de Energia.

2. AGÜERO, A; PISA, J; AGÜERO, C; TORRES. B, "Poder Calorífico del Bagazo de Caña de Azúcar" s.f. Tucuman- Argentina.

3. AGENCIA ANADALUCIA DE LA ENERGIA 2011,"La Biomasa en Andalucía" Consejeria de Economía, Innovación y Ciencia, Pág. 24.

4. ANGULO GARVIZU, R. (22 de Noviembre de 2008). Scribd. Obtenido de http://es.scribd.com/doc/8267753/El-Cacao.

5. Barazarte Humberto, Sangronis Elba, Unai Emaldi., 2008. La cáscara de cacao (theobroma cacao l.): una posible fuente comercial de pectinas. Alan.

6. CAMPERO. R., Sin fecha. Biomasa y Biocombustibles

7. Dirección General de Eficiencia Enérgetica (DGEE), 2013 "Estudio para determinar el potencial de la bioenergía en las regiones de Loreto, Ucayali, San Martin y Madre de Dios.

8. DÖRING, S. 2013. Power from pellets. Berlín Heidelberg, Germany. 223 p.

9. European Recovered Fuel Organization (ERFO) 2013. www.erfo.info

10. FOCER. (2002). Manuales sobre energía renovable: Biomasa. Editorial Users. S.A. San José S.A., 4, 7-8, 10, 1

11. GARCIA, S.V 2007. "isotermas de adsorción y cinetica de secado de ciertas hortalizas y aromáticas cultivadas en misiones. Argentina.

12. GARCÍA.BUSTAMANTE, H. (2013). MATRIZ ENERGÉTICA EN EL PERÚ Y ENERGÍAS RENOVABLES. Barreras para el desarrollo de la Bioenergia, 10.

13. Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P (2006) Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill.

14. IICA, 2006. WORLD COCOA FUNDATION, USAID, MINAG-PROAMAZONIA, GTZ Programa de Desarrollo alternative, INIA, Romero

Trading, APPCACAO, ICT, SENASA, 2006. Protocolo Estandarizado de Oferta tegnología para el cultivo del Cacao. Proyecto ACCESO-Oportunidad de Apoyo a Exportaciones de Cacao en Paises andinos.

15. IEA, 2007 Internacional energy agency, Renovables in global energy supply

16. IPCC, 2013. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessmente Report Climate Change 2013: The Physical Sciense Basis Summary for Policymakers.

17. Mora R, 2011. Aprovechamiento de la cáscara de cacao a través de la máquina de molienda para la elaboración de balanceado para bovinos. Descargado de http://es.scribd.com/doc/71979536/Cascara-de-Cacao el 15 de noviembre del 2015.

18. PÉREZ, G. Energía de la Biomasa. Sacatepéquez-Guatemala (En línea), 2009, (Fecha de consulta: 06 de agosto de 2015). Disponible en:http://geroperez.blogspot.com/2009/biomasa-residual-humeda.html.

19. PROAMAZONIA, 2004- Ministerio de Agricultura. Manual del cultivo de Cacao

20. SANCHEZ Q; Johana P. 2013. Evaluacion energética de cáscaras de cacao nacional y CCN-51, tesis de maestria- Universidad de Cuenca-Ecuador.

21. SIN AUTOR (2008). Biogas. Recuperado el 31 de Octubre de 2014, de http://mdpalm2.brinkster.net/cr/biogas.html.

22. RAMOS, I. (8 de Octubre de 2014). ¿Qué son las Energías Renovables? Obtenido de ORTEGA COROPORACION: http://otegacorporacion.com/que-son-las-energias-renovables/

23. UASUF, A. J., HILBERT. (2012). El uso de la biomasa de origen forestal con destino a bioenergía en la Argentina. Informes Técnicos Bioenergía Año 1. No. 2. Instituto tecnológico Agropecuario. Argentina.

ANEXOS.

Anexo 1. Cálculos del estudio.

Tabla 11. Características físicas del Bagazo de Caña.

%Humedad	%Ceniza	%Materia Volatil	%Carbono Fijo
bagazo de caña	**bagazo de caña**	**bagazo de caña**	**bagazo de caña**
47.10	3.38	47.55	1.97
46.80	2.52	47.95	2.73
46.94	3.26	47.31	2.49
47.14	2.50	46.76	3.60
47.40	2.88	47.55	2.17
46.81	2.66	48.19	2.34

Fuente: elaboración propia

Tabla 12. Características físicas de la Cáscara de Cacao Aromático.

%Humedad	%Ceniza	%Materia Volatil	%Carbono Fijo
cacao aromatico	**cacao aromatico**	**cacao aromatico**	**cacao aromatico**
27.55	8.22	24.91	39.32
27.77	8.42	23.45	40.35
17.38	7.23	25.58	49.81
22.51	9.71	35.19	32.59
20.48	8.90	35.83	34.79
21.73	9.71	35.81	32.75
24.97	9.83	21.45	43.75
24.38	9.38	29.63	36.61
24.35	8.76	22.61	44.28
24.97	8.12	21.45	45.46
24.38	8.48	29.63	37.52
24.35	8.35	22.61	44.68
22.23	9.10	27.99	40.67
21.91	8.72	28.20	41.17
21.20	8.38	27.02	43.40

Fuente: elaboración propia

Tabla 13. Análisis estadístico de la Cáscara de Cacao Aromático cacao CCN51.

Prueba T Student para muestras independientes

		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
									95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
HUMEDAD	Se asumen varianzas iguales	5.188	.031	6.301	28	.000	5.00960	.79501	3.38110	6.63810
	No se asumen varianzas iguales			6.301	21.805	.000	5.00960	.79501	3.36000	6.65920
CENIZA	Se asumen varianzas iguales	.129	.722	1.788	28	.085	.46680	.26102	-.06787	1.00147
	No se asumen varianzas iguales			1.788	27.991	.085	.46680	.26102	-.06788	1.00148
MAT_VOLAT	Se asumen varianzas iguales	.013	.909	5.176	28	.000	9.45133	1.82587	5.71121	13.19146
	No se asumen varianzas iguales			5.176	27.994	.000	9.45133	1.82587	5.71117	13.19150
CARB_FIJO	Se asumen varianzas iguales	.428	.518	-7.379	28	.000	-14.92733	2.02286	-19.07097	-10.78370
	No se asumen varianzas iguales			-7.379	26.909	.000	-14.92733	2.02286	-19.07855	-10.77612

Fuente: elaboración propia

Anexo 2.- Fotografías del estudio.



Fotografía 1.Recolección de muestras



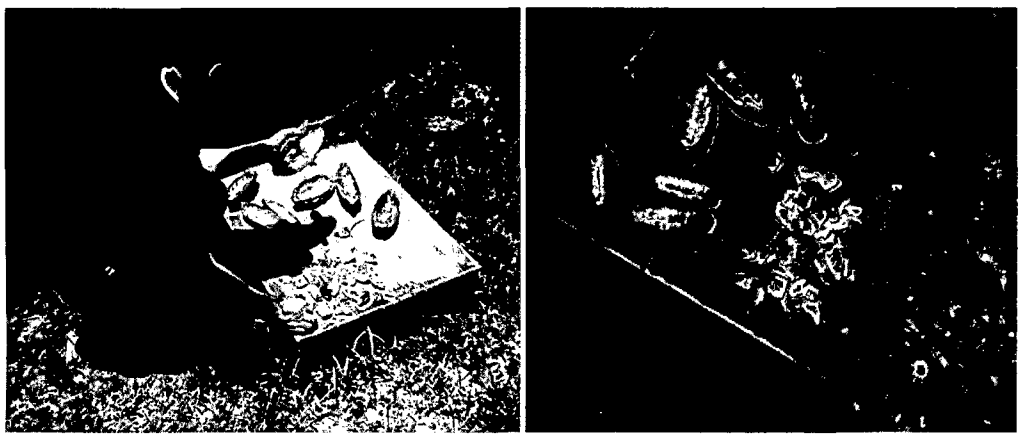
Fotografía 2. Anotaciones de campo



Fotografía 3. Colecta de cascara de cacao



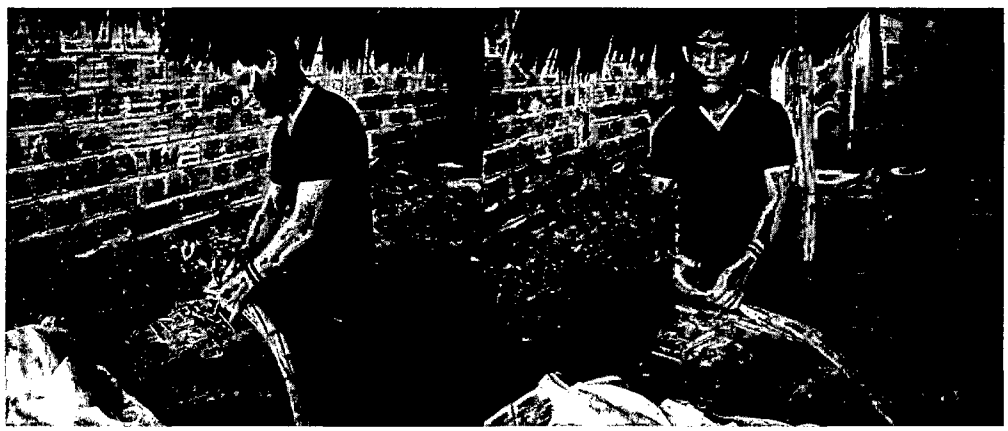
Fotografía 4. Colecta de muestras



Fotografía 5. . secado de muestras de caco al temperatura ambiente.



Fotografía 6. Recolección de Muestras Bagazo de caña

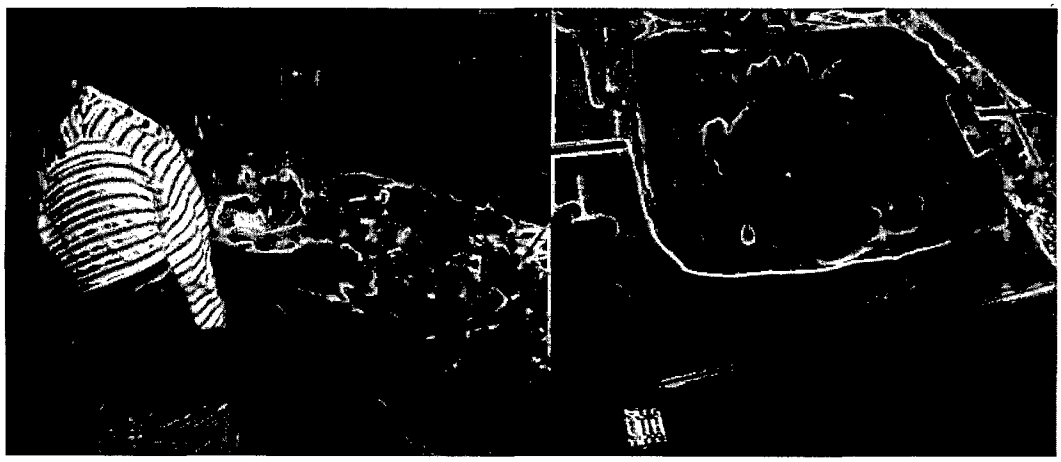


Fotografía 7. Preparación de la muestra de bagazo de caña

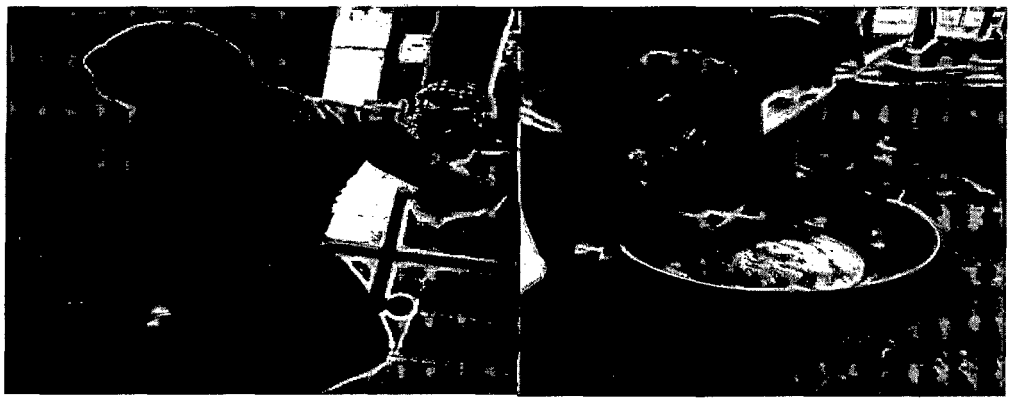
UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
BIBLIOTECA CENTRAL
U.N.U



Fotografía 8. Pesado de muestras de cascara de cacao.



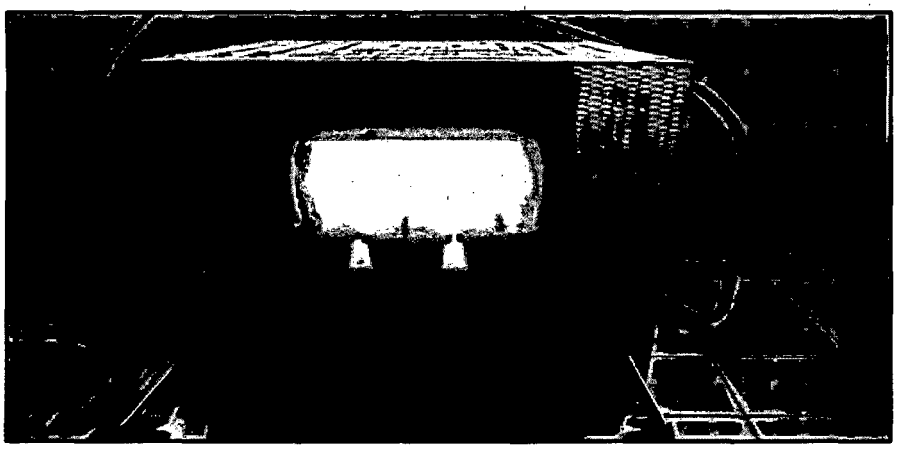
Fotografía 9. Preparación de muestras para el laboratorio.



Fotografía 10. Molidos de muestras secas



Fotografía 11. Cenizas de fibra de Cacao



Fotografía 12. Determinación de materia volátil en la mufla

Anexo 3. Resultados de laboratorio.

LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos

INFORME DE ENSAYOS

N° 004095 - 2015

SOLICITANTE	: JUAN ARTURO RUIZ RUIZ
DIRECCIÓN LEGAL	: PUCALPA
	RUC : --- Teléfono : 991831214
PRODUCTO	: BAGAZO DE CAÑA
NUMERO DE MUESTRAS	: Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA	: S.I.
CANTIDAD RECIBIDA	: 308,4 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S)	: S.M
FORMA DE PRESENTACIÓN	: Envasado, la muestra ingresa en bolsa cerrada.
SOLICITUD DE SERVICIOS	: S/S N°EN-002485 -2015
REFERENCIA	: ACEPTACIÓN TELEFÓNICA
FECHA DE RECEPCIÓN	: 12/06/2015
ENSAYOS SOLICITADOS	: FÍSICO / QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA	: No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Poder calórico (*) (Kcal/100g)	408,83

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1.- ASTM METHOD D-2015-66 (1972)

Observaciones: (*) Se subcontrató el servicio de terceros.

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS: Del 12/06/2015 Al 30/06/2015.

ADVERTENCIA:

1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
3.- Válido para la cantidad recibida. No es un certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI-SNA

La Molina, 30 de Junio de 2015

LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS Dirección Técnica

LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
M. Sc. Jorge Chávez Pérez
DIRECTOR TECNICO
CBP N° 2503

Pág. 1/1

Av. La Universidad 595 La Molina Lima - Perú
Telefaxes: (511) 3495640 - 3492507 - 3495794 - 3492191
E-mail: calitot@infonegocio.net.pe / mktg@lamolina.edu.pe
Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal

LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos

INFORME DE ENSAYOS
N° 004096 - 2015

SOLICITANTE	: JUAN ARTURO RUIZ RUIZ
DIRECCIÓN LEGAL	: PUCALPA
	RUC : --- Teléfono : 991831214
PRODUCTO	: CASCARA DE CACAO
NUMERO DE MUESTRAS	: Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA	: S.I.
CANTIDAD RECIBIDA	: 329.3 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S)	: S.M
FORMA DE PRESENTACIÓN	: Envasado, la muestra ingresa en bolsa cerrada.
SOLICITUD DE SERVICIOS	: S/S N°EN-002485 -2015
REFERENCIA	: ACEPTACIÓN TELEFÓNICA
FECHA DE RECEPCIÓN	: 12/06/2015
ENSAYOS SOLICITADOS	: FÍSICO / QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA	: No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Poder calórico (*) (Kcal/100g)	374,54

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:
1.- ASTM METHOD D-2015-68 (1972)

Observaciones: (*) Se subcontrató el servicio de terceros.
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS: Del 12/06/2015 Al 30/06/2015.

ADVERTENCIA:
1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
3.- Válido para la cantidad recibida. No es un certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI-SNA

La Molina, 30 de Junio de 2015

LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS Dirección Técnica

LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
M. Sc. Jorge Chávez Pérez
DIRECTOR TECNICO
CBP N° 2503

Av. La Universidad 595 La Molina Lima - Perú
Telefaxes: (511) 3495640 - 3492507 - 3495794 - 3492191
E-mail: calitot@infonegocio.net.pe / mktg@lamolina.edu.pe
Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal