

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



DETERMINACION DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA RESIDUAL OBTENIDA DE LA EXTRACCION DEL ACEITE DE PALMA, EN LAS PROVINCIAS DE CORONEL PORTILLO Y PADRE ABAD, REGION UCAYALI; 2015

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO
DE INGENIERO AMBIENTAL**

BACH.STEFFANI PRISCILA ZEVALLOS RIOS.

Pucallpa – Perú

2015



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES



COMISION DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 25

En la ciudad de Pucallpa, a las 9:00 a.m. del día 17 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 Enrique Fachín Mattos.	Presidente
Dr. Marco Antonio Chota Isuiza.	Miembro
Ing. M. Sc. Cesar Mori Montero.	Miembro

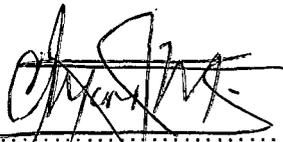
Para proceder a evaluar la sustentación de la tesis titulada: **“DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA RESIDUAL OBTENIDA DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA, EN LAS PROVINCIAS DE CORONEL PORTILLO, PADRE ABAD, REGIÓN UCAYALI 2015”**; presentado por la Bachiller **STEFFANI PRISCILA ZEVALLOS RIOS**.

Terminada la sustentación se procedió con el rol de preguntas por los miembros del jurado, siendo absuelta satisfactoriamente por la sustentante, razón por la cual la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD**, quedando la tesista expedida para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, no sin antes corregir las observaciones hechas por el jurado para su publicación correspondiente.

Siendo las 10:00 a.m. del mismo día, se dio por terminado el acto académico.


.....
Dr. Carlos Enrique Fachín Mattos.
Presidente


.....
Dr. Marco Antonio Chota Isuiza.
Miembro


.....
Ing. M. Sc. Cesar Mori Montero.
Miembro

DEDICATORIA.

A Dios

Ser supremo, que ilumina mi vida, por su amor infinito y por acompañarme en todos mis pasos.

A mis padres

Víctor y Olga por la vida que me dieron, quienes con su apoyo incondicional e infinito amor me permitieron convertir mis sueños en realidad y ser mejor en la vida. Y también en consideración especial a mi tía Consuelo por su apoyo constante para lograr este objetivo.

A mi hermana

Carolina por su compañía, cariño y por darnos a Santiago pedacito de cielo, ternurita de Dios que llena mi vida de alegría con solo una sonrisa.

A mis amigos

Juan Arturo, Yessenia, Kerwin, Ximena, Priscila y a todos los demás por su compañerismo y amistad sincera, gracias por su cariño y por seguir manteniendo lazos estrechos conmigo que perduran con el tiempo.

A mi Región

Ucayali del cual me siento orgullosa de haber nacido en esta tierra hermosa.

AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Nacional de Ucayali, por permitirme ser parte de esta digna casa superior de estudio y por brindarme la oportunidad de realizarme profesionalmente.

A mis profesores que me orientaron a mi realización como profesional y por su esmerada labor al transmitirnos sus enseñanzas y conocimientos.

A mi asesor Dr. Carlos Panduro Carbajal, por su disposición en el desarrollo de la Tesis.

A mi co asesor Dr. Grober Panduro Pisco, por sus consejos peculiares, amabilidad, guía en la ejecución de la tesis y por su apoyo brindado a mi persona.

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.

Al Ing. Augusto Pacaya Villacorta, por su aporte y apoyo académico.

Al señor Gerardo Arimuya, por su apoyo en el laboratorio.

A las empresas procesadoras de palma aceitera, por darme las facilidades para ingresar a sus ambientes e información brindada.

PALMAOLEO S.A.C

Oleaginosas Pucallpa S.A.C

Biodiesel Ucayali S.A.C

Oleaginosas Amazónicas S.A (OLAMSA)

Industrias Oleaginosas Monte Alegre S.A (INDOLMASA)

INDEPAL S.A.C.

Oleaginosas de Padre Abad S.A (OLPASA)

INDICE GENERAL

ACTA DE APROBACION.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	3
CAPITULO II	5
MARCO TEORICO.....	5
2.1 Concepto Básico de Biomasa	5
2.2 Recurso Biomásico	6
2.3 Clasificación de la biomasa.....	7
2.3.1. Modo en que se obtiene.....	7
2.3.2. Uso final.....	8
2.2.3. Cultivos Energéticos	9
2.4. Tipos de biomasa	10
2.5. Caracterización de la biomasa.....	11
2.6. Fundamentos de la Producción de Energía con Biomasa	12
2.7. Usos de la biomasa.....	17
2.7.1 Aplicaciones térmicas.....	18
2.7.2 Aplicaciones eléctricas.....	18
2.8. Procesos y Descripción de Conversión Energética.....	19
2.8.1.- Procesos de conversión.....	19
2.8.1.1 Combustión directa.....	20
2.8.1.2 Procesos termoquímicos	22
2.8.1.3 Procesos bioquímicos.....	22

2.9 Cultivo de Palma Aceitera	23
2.9.1 Rendimiento del Cultivo	24
2.9.2. Áreas y Rendimiento del cultivo de palma aceitera en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad.....	25
2.10. Aprovechamiento de los Residuos de Palma Aceitera	26
2.10.1. Residuos de Palma Aceitera.....	27
Escobajo:	27
Fibra:.....	28
Cuesco o cascarilla de palmiste:	28
2.11. Potencial Energético (PE)	30
2.11.1 Estado actual de la bioenergía en el Perú	31
CAPITULO III	37
METODOLOGIA.....	37
3.1 Tipo de Investigación.	37
3.1.1 Nivel de investigación.	37
3.2 Población y Muestra.....	37
3.2.1 Población.....	37
3.2.2. Muestra.....	37
3.2.3.- Ubicación del área de estudio.	38
3.4 Procedimiento de Recolección de Datos	39
3.4.1.- Evaluación de áreas y rendimiento del cultivo.....	39
3.4.2.- Evaluación del Factor de generación de residuos.	40
3.4.3 Recolección de muestras.....	40
3.4.4 Análisis inmediato.....	40
5.4.4.1. Porcentaje de Humedad	40
5.4.4.2. Contenido de cenizas.	41
5.4.4.3. Contenido de material volátil.....	41
5.4.4 Determinación de Poder Calorífico (PC).....	43
5.4.5 Determinación del Potencial Energético.	43
5.4.5.1. Modelo Matemático para el cálculo del PE de biomasa residual.	43
CAPITULO IV	45

RESULTADO Y DISCUSION	45
4.1. Análisis del factor de generación de los Residuos sólidos del proceso industrial de la palma aceitera en la región Ucayali.	45
4.2. Análisis de las Características físicas de los Residuos Sólidos Agroindustriales de la Palma Aceitera.(RSAPA).....	47
4.3. Comparación las características físicas de los RSAPA con diferentes tipos de madera.....	49
4.4 Resultados de Poder Calorífico de los residuos sólidos de Palma Aceitera.....	50
4.4.1 Comparación del poder calorífico con diferentes tipos de madera.....	50
4.5 Potencial energético (PE).....	51
4.6 Potencia eléctrica proyectada.....	52
CONCLUSIONES.....	53
RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFIA.....	56

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Estados típicos de la biomasa.....	10
Tabla 2. Parámetros físicos, químicos y energéticos de la biomasa.....	12
Tabla 3. Diferencia Entre los Combustibles Fósiles y la Biomasa.....	14
Tabla 4. Principales tipos de bioenergía que se obtienen en el Perú a partir del procesamiento de la biomasa.....	33
Tabla 5. Recursos energéticos de biomasa en el Perú.....	34
Tabla 6. Datos geográficos de Empresas-Industrias de Palma.....	38
Tabla 7. Producción de residuos solidos.....	46
Tabla 8. Características físicas de los RSAPA y principales maderas de la región.....	49
Tabla 9. Poder Calorífico de los residuos de palma.....	50
Tabla 10. Comparación de poder caloríficos de residuos forestales con los RSAPA.....	50
Tabla 11. Potencial energetico de los RSAPA en la Provincia de Padre Ababd y Corobel Portillo.....	51
Tabla 12. Potencia Eléctrica.....	52
Tabla 13. Características físicas del combustible.....	61

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Generación de recursos biomásicos	7
Figura 2. Esquema de una Central eléctrica con biomasa	19
Figura 3. Clasificación de los procesos termoquímicos.....	22
Figura 4. Procesos de conversión de la biomasa y aplicaciones de sus productos.....	23
Figura 5. Áreas de producción y rendimiento de cultivo por hectárea de palma aceitera	25
Figura 5. Fotografía de restos de Escobajo de palma aceitera	28
Figura 6. Fotografía de Fibra de palma aceitera	28
Figura 7. Fotografía Cuesco de palma aceitera.	29
Figura 8, Diagrama de flujo de la transformación del aceite de palma.....	30
Figura 9. Mapa de Ubicación de empresas procesadoras de aceite de palma	38
Figura 11. Factor de generación de residuos sólidos de palma aceitera	45
Figura 12. Cantidad de Biomasa Residual anual de la extracción de aceite palma en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad	46
Figura 13. % de Humedad, % de Cenizas, % de Material Volátil y % de Carbono Fijo de los RSAPA.....	47
Figura 14. Distribución de barras de Potencial Energético (TJ) generado por el tipo de residuo y Provincia	52

INDICE DE ICONOGRAFIAS.

Fotografía 1. Escobajo de Palma Aceitera	62
Fotografía 2. Cuesco de Palma.....	62
Fotografía 3. Fibra de Palma Aceitera.....	62
Fotografía 4. Planta Procesadora de Aceite de palma.....	63
Fotografía 5. . Empresa OLAMSA.....	63
Fotografía 6. Recolección de Muestras.....	63
Fotografía 7. Muestras en el laboratorio.....	64
Fotografía 8. Pesado de las muestras.....	64
Fotografía 9. Determinación de Humedad de las muestras	64
Fotografía 10. Molidos de muestras secas.....	65
Fotografía 11. Cenizas de fibra de palma	65
Fotografía 12. Determinación de materia volátil en la mufla	65

“Determinación del potencial energético de la biomasa residual obtenida de la extracción del aceite de palma, en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, Región Ucayali; 2015”

Steffani Priscila Zevallos Ríos.¹

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el curso de la Carretera Federico Basadre (C.F.B), comprendiendo las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad iniciándose en el mes de Abril del 2015 y finalizando a finales del mes Octubre del 2015; el objetivo fue determinar el potencial energético de la biomasa residual obtenida de la extracción del aceite de palma. La población estuvo conformada por las plantas procesadoras de palma aceitera, en los Distritos de Coronel Portillo y Padre Abad, ubicadas desde el Km 12 hasta el Km 178 de la C.F.B. la metodología empleada fue descriptiva de forma prospectiva, mediante la recolección de información secundaria sobre la producción referente a áreas cosechadas y rendimiento del cultivo de palma y el factor de generación de residuo. Para determinar el Potencial Energético se utilizaron fórmulas matemáticas.

Los resultados señalan que el 41% de una tonelada de Racimo de fruto fresco es residuo sólido: 18 044. 64tn/añual para Coronel Portillo y 42 361. 81tn/añual para Padre Abad; en cuanto a los valores de poder calorífico se obtuvo que el escobajo tiene 382 Kcal, Fibra 421 Kcal y Cuesco 443 Kcal; la fibra y el cuesco son aptos para el aprovechamiento como combustible y el escobajo no se toma en cuenta por su alto % de Humedad, en Ucayali se podría generar un potencial energético de 303.88 TJ al año que equivale a una potencia de 20.21 MW utilizando residuos sólidos de palma aceitera, que cubriría un 37% la demanda energética de la ciudad de Pucallpa; todo esto aprovechando la biomasa residual de palma aceitera.

Palabras Claves: Escobajo, Fibra, Cuesco, Poder Calorífico, Potencial energético

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

"Determination of the energy potential of residual biomass from the extraction of palm oil in the Provinces of Coronel Portillo and Padre Abad, Ucayali region; 2015. "

Steffani Priscilla Zevallos Ríos.¹

ABSTRACT

The research was conducted in the course of the highway Federico Basadre (CFB), the provinces of Coronel Portillo and Padre Abad beginning in April of 2015 and ending at the end of the month October 2015 comprising; The objective was to determine the energy potential of waste biomass obtained from the extraction of palm oil. The study population consisted of seven oil palm processing companies, located from Km 12 to Km 178 of the CFB the methodology used was descriptive prospectively, by collecting secondary information on production and harvested areas concerning crop yield palm and waste generation factor. To determine the energy potential were used mathematical formulas.

The results show that 41% of a ton of fresh fruit cluster is solid waste: 18,044 tons / year for Coronel Portillo and 42.361 tons / year for Father Abab; in terms of calorific values it obtained the stalk has 382 Kcal, Fiber 421 Kcal and 443 Kcal Cuesco; cuesco fiber and are suitable for use as fuel and the stalk is not taken into account for its high% humidity, in Ucayali could generate energy potential of 303.88 TJ per year equivalent to an output of 20.21 MW using waste Solid palm oil, which would cover 37% of energy demand of the city of Pucallpa; all this taking advantage of the residual oil palm biomass.

Keywords: Escobajo, fiber, Cuesco, Calorific Value, 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 una serie de alteraciones trayendo consigo grandes costos económicos y vidas humanas; estos sucesos en parte son por eventos naturales y propios 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) generando emisiones gaseosas, que aumentan los GEIs.

El Perú en temas energéticos se abastece principalmente de recursos naturales no renovables como el petróleo, que además es altamente contaminante, tanto en su uso como en su producción. En este escenario el gobierno y la sociedad deben plantearse de manera planificada y sustentada cuál va ser la mejor estrategia para abastecer la demanda energética derivada del crecimiento económico. Una de las opciones viables es el aprovechamiento racional de la bioenergía. Las ventajas de su uso son más que evidentes, ya que pueden contribuir a bajar los niveles de contaminación y disminuir el agotamiento de los recursos no renovables (García, H, 2013)

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, la 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 (Dirección General de Eficiencia Energética, 2013)

El presente estudio se desarrolló en la Provincia de Coronel Portillo y Padre Abad en la región de Ucayali en donde actualmente se tiene 4398.8 has de palma

aceitera en producción en la Provincia de Coronel Portillo y 7813.97 has en producción en la Provincia de Padre Abad, esta materia prima es aprovechada para producir aceite de palma y que a través de su cadena productiva genera grandes cantidades de residuo sólidos un total aproximado de 60 404,45 Tn/año para ambas provincias, del cual que no son aprovechados; en este sentido el objetivo del estudio fue determinar el potencial energético de la biomasa residual obtenida de la extracción del aceite de palma, con la finalidad de contribuir al empleo de energías renovables.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA

El cambio climático ha generado acciones trascendentales en las últimas décadas y se le atribuyen en su mayoría a las actividades antropogénica. Como es de conocimiento entre las 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 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 uso 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).

Por otro lado se conoce que 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 energía 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 de 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)

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 la actualidad la región de Ucayali cuenta con un promedio de **17,794.7** hectáreas instaladas con sembríos de palma aceitera en las Provincias de Padre Abad y Coronel Portillo (Panduro, Espinoza y Torres, 2013), que han generado inversión industrial del sector privado. En el proceso de transformación de la materia prima en aceite crudo sin refinar, se genera una abundantemente cantidad de residuos sólidos entre los que mencionamos: escobajos, fibras, cuesco, etc., los que no son utilizados provechosamente, mas por el contrario, se convierten en residuos contaminantes del agua, suelo y aire; (Miranda y Panduro 2013). Estos materiales denominados como desechos, que actualmente son causales de contaminación ambiental debido a la falencia de alternativas que conlleven al aprovechamiento en procesamientos industriales, pueden ser aprovechados para generar energía ya que se sabe que los residuos de palma aceitera se desechan en grandes volúmenes en las plantas extractoras.

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 palma aceitera conlleva desde el punto de vista económico a minimizar los costos de combustible y a la adecuada disposición que se les puede dar a los residuos indeseados.

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 (rastros) 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 (Focer, 2002)

2.2 Recurso Biomásico

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 (Ramírez, 2012).

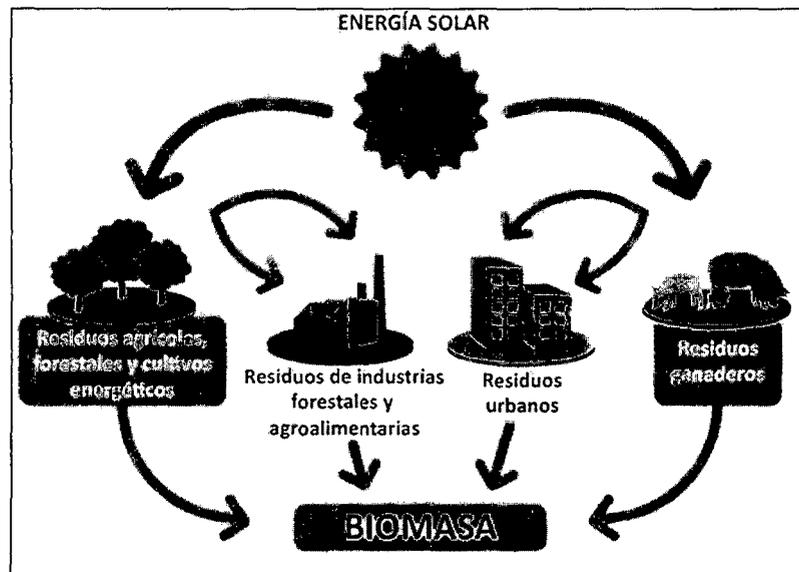


Figura 1. Generación de recursos biomásicos

2.3 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).

2.3.1. 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.)

2.3.2. 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).

2.3.3.1 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).

2.4. 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.

2.5. 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. (Velásquez, 2009)

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.

2.6. 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:



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. (Fernández, 1996)

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, según la página web (www.energia.gov.ar).

En la tabla 3 se muestran las diferencias entre los combustibles fósiles y la biomasa y de esta manera se muestra que la biomasa es menos contaminante.

Tabla 3. Diferencia Entre los Combustibles Fósiles y la Biomasa

Combustibles Fósiles	Biomasa
<p>⊕ Al quemarse producen gran cantidad de contaminantes y algunos desechos tóxicos, como azufre y plomo.</p>	<p>⊕ Los combustibles de biomasa pasan por un proceso similar al de los fósiles, pero con un efecto mucho más positivo para el ambiente.</p>
<p>⊕ Es contaminante y contribuye al</p>	

<p>efecto invernadero y lluvia ácida.</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ Debido a la antigüedad de este combustible requiere mayor refinamiento y contiene carbono de hace millones de años por lo que al quemarse genera mayor contaminación. ⊕ Al ser utilizados contaminan más que otros productos que podrían haberse utilizado en su lugar. ⊕ Los combustibles fósiles tienen un alto contenido de C y bajo contenido de oxígeno, está constituido por una cantidad mayor de enlaces C-C, por tal razón poseen un alto contenido energético. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Son creados a través de procesos naturales, lo que implica que requieren muy poco refinamiento y cada combustible tiene un efecto independiente sobre el ambiente. ⊕ Es material producido recientemente, un ejemplo pueden ser los árboles. ⊕ Se generan rápidamente, se pueden hacer en tan solo 1 día, solo es cuestión de recolectarlos. ⊕ Posee mayores enlaces C-O y C-H y poco enlaces C-C, lo que se ve reflejado en la disminución del contenido energético del combustible renovable.
<p>Básicamente la diferencia es en cuanto al tiempo que tiene el combustible en nuestro planeta. Aunque la biomasa al quemarse también genera un poco de contaminación, el impacto que tiene en comparación con los combustibles fósiles es mínimo.</p>	

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 CO₂ 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.

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. (Naredo & Valero, 1999).

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.(Naredo & Valero, 1999).

2.7. 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)

2.7.1 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.

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. (Agenbur, 2015)

2.7.2 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 (Agenbur, 2015).

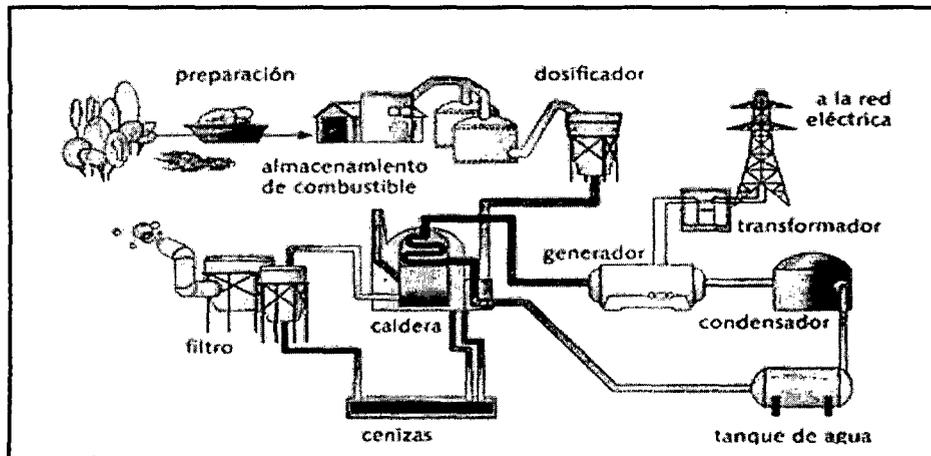


Figura 2. Esquema de una Central eléctrica con biomasa

2.8. Procesos y Descripción de Conversión Energética

2.8.1.- 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. (García, 2008)

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 termoquímicos.
- Procesos bioquímicos.

2.8.1.1 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.

- 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 50 000 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. (Brown, 2011)

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 recíprocos 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)

2.8.1.2 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)

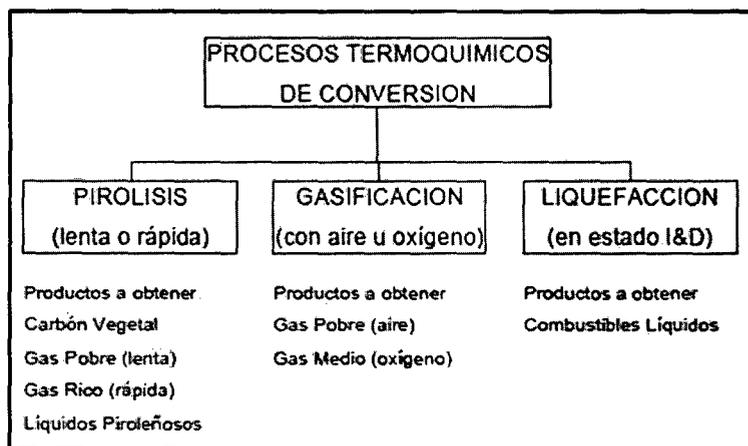


Figura 3. Clasificación de los procesos termoquímicos

2.8.1.3 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).

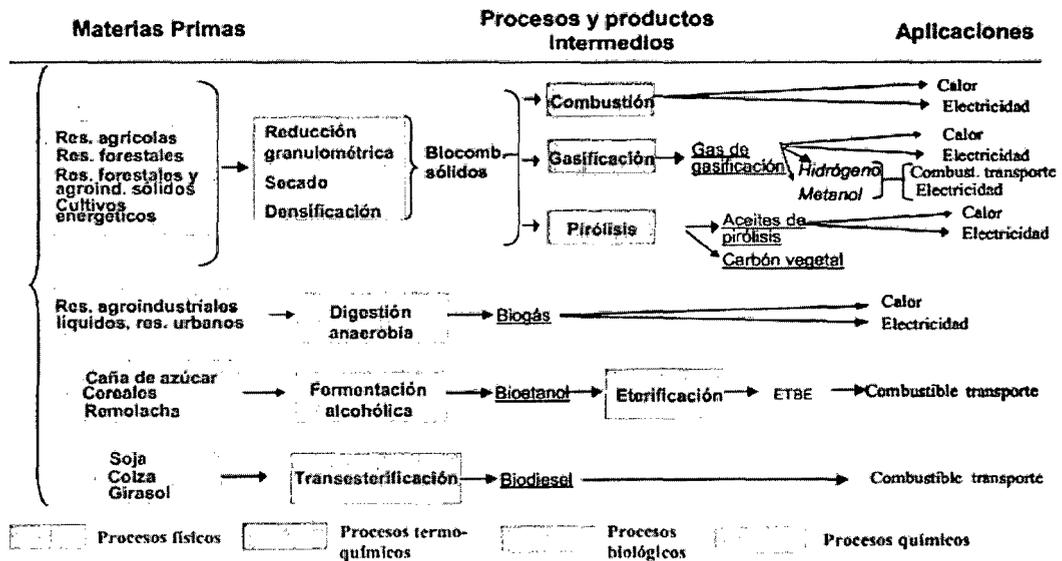


Figura 4. Procesos de conversión de la biomasa y aplicaciones de sus productos.

2.9 Cultivo de Palma Aceitera

La palma de aceite es un cultivo perenne y de tardío y largo rendimiento, ya que su vida productiva puede durar más de 50 años, aunque a partir de los 25-30 años se dificulta su cosecha por la altura del tallo, llega a alcanzar los 20 metros. (Wikipedia, 2015).

Comienza a producir frutos a partir de los dos años y medio tras su siembra, y se suelen utilizar palmas de vivero de 12 meses de edad que alcanzan su mayor producción entre los 20 y 30 años, luego de lo cual declinan y dejan de ser rentables, especialmente por la altura a la que se encuentran los frutos. No es la única especie que se maneja dentro del cultivo de la palma de aceite, aunque inicialmente y por muchos años sólo se habló de la palma africana de aceite, actualmente involucra a otras especies de palmas y cruces entre ellas, dentro del cultivo. (Wikipedia, 2015).

El pericarpio está conformado por el epicarpo y mesocarpo juntos, de donde se extrae la mayor proporción de aceite. El fruto maduro es de color rojo amarillento, con un peso de 10 g y forma ovalada de 3 a 5 cm de largo; una palma puede producir de 12 a 13 racimos/año, con peso promedio de 20 a 30 kg, de 1.000 a 3.000 frutos por racimo y un rendimiento industrial que varía entre el 20 y 25% del peso en kg de aceite por racimo.

Hay dos factores que deben de considerarse como ser los suelos y el clima de la zona a sembrar. El suelo debe ser profundo mayor a 15 dm, de textura franca arenosa arcillosa, para el buen desarrollo de las raíces, con buen drenaje interno ya que no soporta los suelos abnegados debido a la toxicidad del aluminio, pendientes no mayor de 15% debido al poco desarrollo de las raíces. La acidez del suelo o pH debe ser mayor a 5,5 debido a la disponibilidad de los nutrientes como el fósforo, calcio y potasio. Este cultivo es exigente a altas dosis de fertilización química. En cuanto al clima, el cultivo se desarrolla en temperaturas promedios de entre los 25 - 28 °C, temperaturas mayores a 30 °C producen aborto en la floración, pudiendo perderse hasta un 60% de la producción. Es un cultivo exigente de agua por lo que requiere de 2400 mm año, precipitaciones menores darán como resultado baja producción y solo tendremos crecimiento vegetativo. La palma africana no debe de sembrarse en climas secos y de alta incidencia solar, ya que la planta puede darnos cero producción (Wikipedia, 2015).

2.9.1 Rendimiento del Cultivo

El rendimiento en aceite de la Palma de aceite es superior a la de cualquier otro cultivo de semillas oleaginosas produciendo 2,5 toneladas métricas de aceite por hectárea por año, con hasta 5 toneladas registradas. Los rendimientos de las palmas semi-selvajes varían ampliamente, por lo general van de 1,2 a 5 toneladas métricas de racimos por hectárea y año. Una tonelada métrica de racimos puede rendir alrededor de 80 kg de aceite por la extracción de aceite manualmente, o 180 kg por prensado hidráulico. Los rendimientos de frutos varían sustancialmente de unas zonas

geográficas. El aceite de palma es uno de los más importantes aceites vegetales del mundo. El mercado de este aceite supera el millón de toneladas al año. (<http://www.sabelotodo.org>).

2.9.2. Áreas y Rendimiento del cultivo de palma aceitera en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad.

En la figura 5, se muestra la producción y el rendimiento del cultivo de palma aceitera, en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad.

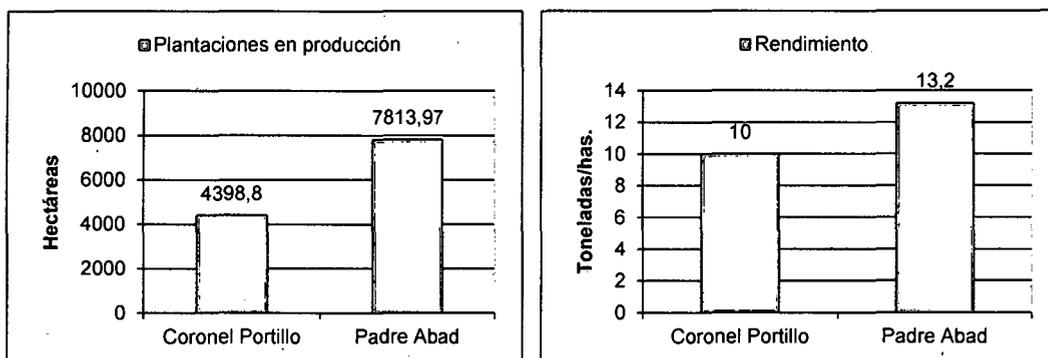


Figura 5. Áreas de producción y rendimiento de cultivo por hectárea de palma aceitera

Como se observa en la figura 5, la Provincia de Padre Abad tiene mayores áreas de palma aceitera en producción con **7813,97 has** que la Provincia de Coronel Portillo con **4398,8 has**, y de igual forma el rendimiento del cultivo por hectárea es mayor para la Provincia de Padre Abad con **13.2 Tn/ha**, a diferencia para Coronel Portillo que solo tiene **10 Tn/ha**; esto se debe a que en Padre Abad se encuentran la mayor cantidad de plantas extractoras que procesan la materia prima y a la vez este producto constituye un cultivo agroindustrial, que ocupa significativa cantidad de mano de obra, tanto en la fase de campo, como en su fase productiva y de industrialización. (DSRA, 2014)

2.10. Aprovechamiento de los Residuos de Palma Aceitera

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 Mahlia T.M.I.; Abdulmuin M.Z.; Alamsyah T.M.I.; Mukhlisien D. realizaron un estudio sobre fibra de palma y la cascara obtenidos de la transformación de aceite de palma, para usarlos como combustibles.

En el 2002, Husain, 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, Prasertsana, S. y Sajjakulnukib, B. expusieron 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.

En Quito – Ecuador D. Gaona 2014, realizo un estudio sobre Mezcla de Cascarilla de nuez de palmiste y Raquis como combustible alternativo para Generación

Eléctrica, del cual tuvo como resultado que la mezcla con alta calidad energética corresponde a 40,63% de cascarilla y 59,37% de raquis con un poder calórico de 18.504,34 KJ/kg; lo que determina que con el recurso biomásico disponible se tiene un potencial energético correspondiente a 17,4 MW en un proceso de combustión directa.

2.9.1. Residuos de Palma Aceitera

Los residuos de biomasa generados en la extracción de aceite de palma están compuestos principalmente por fibras, cuescos y racimos vacíos de fruta o escobajos (EFB, por su sigla en inglés), que llegan a ser el 42% del peso del racimo de fruta fresca (RFF) según (Jaramillo, 2012).

⊕ Escobajo:

Es el racimo que sostiene a los frutos de la palma; de gran contenido de humedad y con residuos de aceite propio de los frutos, posee una estructura dura e impenetrable, difícil de cortar. Tiene un gran tamaño y un tronco sólido para soportar el gran peso debido a la cantidad de frutos. El escobajo de palma aceitera sale diariamente de las fábricas, material orgánico que es trasladado a los rellenos sanitarios, botaderos, orillas de ríos y quebradas, y en algunos casos puestos en las parcelas de los palmeros de la zona.

Este escobajo es descompuesto en el lugar donde lo botaron, también son quemados por los agricultores, y un mínimo porcentaje es usado como componente orgánico, estos agricultores que en la actualidad usan el escobajo como componente orgánico en sus plantaciones están obteniendo varios beneficios, tales como retención y acumulación de la humedad del suelo debajo del escobajo, control de las malezas y aplicación de fertilizantes en mínima proporción y en cualquier época del año, (Miranda & Panduro, 2014).



Figura 6. Fotografía de restos de Escobajo de palma aceitera

⊕ **Fibra:**

Este residuo se obtiene de la masa desaceitada que expelle la prensa comúnmente llamada torta, la cual está compuesta básicamente por fibras, nueces y humedad. Luego de secarse, la torta pasa al proceso de desfibración, donde las fibras son arrastradas por una corriente de aire y las nueces son separadas, para someterlas a las etapas de acondicionamiento y rompimiento que permiten recuperar la almendra o palmiste. (ALNICOLSA, 2015)



Figura 7. Fotografía de Fibra de palma aceitera

⊕ **Cuesco o cascarilla de palmiste:**

El palmiste es la semilla extraída del fruto de palma, conocida como almendra, esta es triturada para extraer el aceite de palmiste, quedando así un residuo sólido conocido como cascarilla o cuesco de nuez de palmiste. El cuesco posee una alta resistencia mecánica, dureza y de bajo peso; este material constituye entre 5 – 7% del

peso total del fruto. Un promedio para el porcentaje de humedad en el cuesco se encuentra entre 5 – 20% en relación a su peso. El cuesco es similar a las cascaras de coco en su dureza y textura. Estas propiedades pueden hacer del cuesco un material apropiado para la producción de carbón activado, como el que se obtiene a partir de las cascaras de coco. Esta se puede usar como combustible en las calderas o para adecuación del mantenimiento de las vías internas de las plantaciones. (Gaona, 2014)



Figura 8. Fotografía Cuesco de palma aceitera.

Los residuos sólidos de palma aceitera pueden ser aprovechados como combustible sólido para la conversión energética, por medio de procesos termoquímicos o generadores de combustibles en calderas y biogás mediante procesos biológicos o como abono orgánico o en lagunas de tratamiento para el caso de los lodos; puesto que son los más importantes por su fácil y continua disponibilidad, según (Mckendry, 2002). La porción equivalente en porcentajes, sus características y valores se presentan en la figura 9.

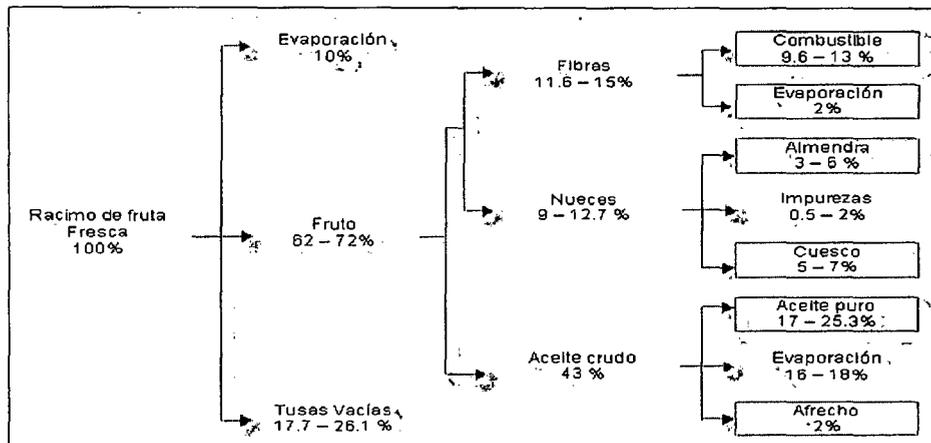


Figura 9, Diagrama de flujo de la transformación del aceite de palma.

En Malasia e Indonesia hay más de un centenar de plantas extractoras de aceite de palma en donde se logra un gran ahorro mediante el uso de la cascara y la fibra como combustible para generación de electricidad en la industria, según (Mahlia, 2000)

En Colombia, los sub productos de la palma de aceite se utilizan solo parcialmente. La fibra y el cuesco se utilizan para generar vapor de agua para el proceso. En algunas plantaciones se utiliza también para generar energía eléctrica, según (Miranda y Amaris, 2009)

En una planta procesadora más del 70% del desecho de materias primas es descartado en forma de fibra, cascaras, racimos y lodos. Se han sugerido muchas formas de convertir estos desechos en productos útiles; tales como la conversión de la cascara en carbón activado, el empleo de la fibra en la fabricación de tablas y colchones o como alimento para animales, y la conversión de los racimos vacíos en abonos potásicos, según (Posschelle & Yook, 2009).

2.11. Potencial Energético (PE)

El PE es la cantidad total de energía presente en la naturaleza, independiente de cuál sea la fuente energética, posible de ser aprovechada mediante el uso de tecnología; es la cantidad de energía almacenada en la biomasa en su forma

primaria y que es susceptible de ser usada en un proceso de transformación mediante combustión directa de la biomasa, según Forero, (2012)

2.9.1 Estado actual de la bioenergía 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:

1. 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.

2. 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.
3. 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 Dirección General de Eficiencia Energética 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 los 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. (Dirección General de Eficiencia Energética, 2013)

Tabla 4. Principales tipos de bioenergía que se obtienen en el Perú a partir del procesamiento de la biomasa.

	Tipo	Insumos	Zona de Produccion	Usos de biocombustible
Solidos	Leña para uso domestico	Arboles y arbustos silvestres y plantados	Costa, Sierra y Selva	Uso domestico: cocina, procesos productivos basicos a nivel de familias o microempresas Panaderias
	Bosta, estiercol	Residuos animales	Sierra	Uso domestico, cocina, calefaccion
	Carbon Vegetal	Arboles y arbustos silvestres y plantados	Costa, Sierra y Selva	Uso domestico, procesos productivos basicos a nivel de familias y microempresas.
	Residuos Agrícolas	Residuos agrícolas de cultivos como la caña de azucar, arroz, palma aceitera y otros	Zonas productoras de estos cultivos en todo el pais	Generacion de electricidad usando el calor producido por la combustion de estos residuos.
	Briquetas. Pellets	Residuos forestales vegetales o agrícolas	Aserraderos, zonas productoras de estos cultivos en todo el pais.	Combustion para generar calor (hornos de secado de maderas).

Fuente: Matriz Energética en el Perú y Energías Renovables, VIII. Barreras Para El Desarrollo De La Bioenergía, Autor: Henry García Bustamante, 2013, p. 12.

Tabla 5. 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

Biocombustible: Los biocombustibles son combustibles de origen biológico obtenido de manera renovable a partir de restos orgánicos. Estos restos orgánicos proceden habitualmente del azúcar, trigo, maíz o semillas oleaginosas. Todos ellos reducen el volumen total de CO₂ que se emite en la atmósfera, ya que lo absorben a medida que crecen y emiten prácticamente la misma cantidad que los combustibles convencionales cuando se queman, por lo que se produce un proceso de ciclo cerrado.

Energía renovable: Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Entre las energías renovables se cuentan la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, solar, undimotriz, la biomasa y los biocarburantes.

Biomasa Residual: Es aquella que corresponde a los residuos de paja, aserrín, estiércol, residuos de mataderos, basuras urbanas, etc.

Gases de Efecto Invernadero: Son gases que se encuentran presentes en la atmósfera terrestre y que dan lugar al fenómeno denominado efecto invernadero. Los gases de invernadero más importantes son: vapor de agua, dióxido de carbono (CO₂) metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) clorofluorcarbonos (CFC) y ozono (O₃).

Poder Calorífico: El poder calorífico de un combustible es la cantidad de energía desprendida en la reacción de combustión, referida a la unidad de masa de combustible. Es la cantidad de calor que entrega un kilogramo, o un metro cúbico, de combustible al oxidarse en forma completa. El poder calorífico expresa la energía máxima que puede liberar la unión química entre un combustible y el comburente y es igual a la energía que mantenía unidos los átomos en las moléculas de combustible, menos la energía

utilizada en la formación de nuevas moléculas en las materias (generalmente gases) formada en la combustión. (Botta, 2015)

Poder calorífico superior (PCS): Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de 1 Kg de combustible cuando el vapor de agua originado en la combustión está condensado y se contabiliza, por consiguiente, el calor desprendido en este cambio de fase. (Botta, 2015)

Poder calorífico inferior (PCI): Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de 1 kg de combustible sin contar la parte correspondiente al calor latente del vapor de agua de la combustión, ya que no se produce cambio de fase, y se expulsa como vapor. (Botta, 2015)

Humedad: Es la cantidad total de agua contenida en el total de masa de una muestra de biomasa, es decir, es el contenido de agua por kilogramo de materia seca.

Cenizas: El porcentaje de cenizas indica la cantidad de materia sólida no combustible por kilogramo de material. Las cenizas son los residuos inorgánicos que quedan tras la combustión del carbón fijo y varían en su composición y porcentajes de participación según la fuente de biomasa.

Material Volátil. Es la porción de combustible que se libera en forma de vapores (hidrocarburos) y gases al descomponerse térmicamente la materia que configura la biomasa. Si existe oxígeno en el interior y alta temperatura, los volátiles se oxidan produciendo llama.

Carbón fijo: Es la parte del carbono del combustible que queda tras el proceso de devolatilización, es decir, es la cantidad de masa efectiva que puede quemarse como combustible después de la salida de volátiles.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 Tipo de Investigación.

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

Investigación Descriptiva, 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)

3.1.1 Nivel de investigación.

El nivel de la investigación es descriptiva para ellos se utilizó métodos **cualitativos** (se ha adecuado una ficha de entrevista mediante la cual se ha recopilado información de las empresas procesadoras de palma aceitera) y **cuantitativos**, para luego compararlos y determinar cuál residuo de la Biomasa residual del aceite de palma tiene mayor o menor potencial energético. Ficha de entrevista para las empresas procesadoras de palma aceitera.

3.2 Población y Muestra.

3.2.1 Población.

La población estuvo conformada por las plantas procesadoras de palma aceitera, en los Distritos de Coronel Portillo y Padre Abad.

3.2.2. Muestra

Se ha tomado como muestra a siete plantas procesadoras de palma aceitera, donde se ha realizado la toma de datos de la investigación.

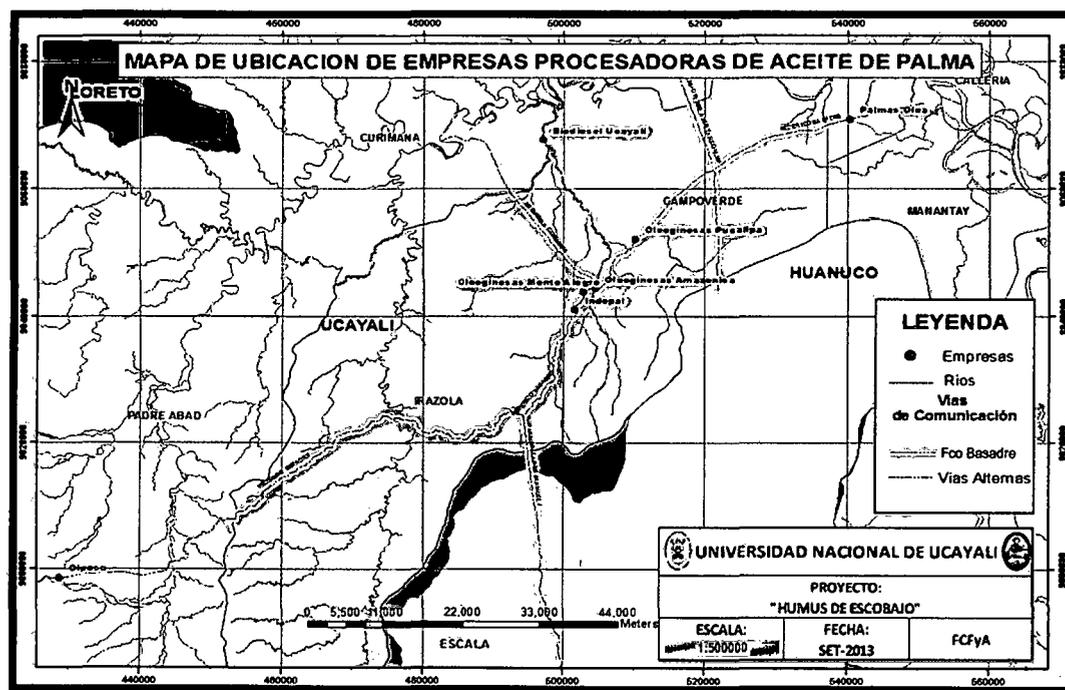
Tabla 6. Datos geográficos de Empresas-Industrias de Palma

N°	Empresas	Ubicación
01	Industrias Palmaoleo S.A.C	C.F.B Km 12.5 Dsto Calleria
02	Oleaginosas Pucallpa S.A.C	C.F.B Km 46 Dsto Campo Verde
03	Biodiesel Ucayali S.A.C	C.F.B Km 50.0 Dsto Campo Verde
04	Oleaginosas Amazónicas S.A	C.F.B Km 60.0 Dsto Campo Verde
05	Industrias Oleaginosas Monte Alegre S.A	C.F.B Km. 61 Dsto Irazola
06	INDEPAL UCAYALI S.A.	C.F.B Km 66.0 Dsto Irazola
07	Oleaginosas Padre Abad S.A (OLPASA)	C.F.B Km 178.0 Dsto Aguaytía

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 procesadoras de Palma Aceitera que se encuentran ubicados en la Carretera Federico Basadre; km 12.500, km 46, km 50, km 60, km 62, km 65, km 178.

Figura 10. Mapa de Ubicación de empresas procesadoras de aceite de palma



Fuente: Proyecto de Humus de Escobajo

3.3 Instrumentos de Recolección 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 del cultivo.

Se procedió a recoger información secundaria sobre la producción referente a áreas cosechadas y rendimiento del cultivo de palma, para ello se utilizó la información del Reporte de la ejecución y perspectivas de la información agrícola de la campaña 2014, de la Dirección Regional Sectorial Agraria de Ucayali.

3.4.2.- Evaluación del Factor de generación de residuos.

Para conocer el factor de generación de residuos se visitó las principales plantas procesadoras de Aceite de Palma de la región, entrevistado al jefe de planta y de procesos, para lo cual se tomó la información de la empresa OLAMSA, por ser la empresa de mayor producción y pionera de la región en este proceso.

3.4.3 Recolección de muestras

Las muestras (escobajo, fibra y cuesco) fueron obtenidas de las plantas procesadoras de aceite de palma, donde se acopiaron aproximadamente 3 kilos, muestras que fueron transportadas a la ciudad de Pucallpa y finalmente al laboratorio donde pasaron los análisis propuestos.

3.4.4 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 palma (escobajo, fibra y cuesco) se utilizó el procedimiento establecido en la NTP (Norma Técnica Peruana) 251.010, que consistió en pesar muestras de residuos (Pha) secarlas en estufa regulada a 103 ± 2 °C hasta peso constante y determinar el peso final (Psa) y aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Ch} = (\text{Pha} - \text{Psa})/\text{Pha} \times 100$$

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 $2 \pm 0,1$ gramos de muestra en base seca (escobajo, fibra, cuesco) 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 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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:

$$C = (PCb/Phc)*100$$

Donde:

C: es el porcentaje de ceniza de la 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 $2 \pm 0,1$ gramos de muestra seca (escobajo, fibra, cuesco) 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 $900\text{ }^{\circ}\text{C}$, 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:

$$MV = \{(Phc - Pfm) / Pfm\} * 100 - H$$

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 fórmula 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 (escobajo, fibra, cuesco), las cuales fueron debidamente preservadas, empacadas y enviadas al laboratorio la de 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 del 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 palma aceitera se determinó mediante un modelo matemático que involucra la masa total del residuo seco y el 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 palma aceitera puede ser extensible a los demás cultivos (Miranda & Amaris, 2009).

Los residuos que se utilizaron para calcular el potencial energético fueron fibra, cuesco y escobajo. 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.

Ecuación 1.

Potencial de cada residuo:

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

Ecuación 2.

Potencial de todos los residuos:

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

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= 0.000000001 factor de conversión de KJ a TJ

Fuente: Miranda & Amaris, (2009)

Posteriormente se realizó la selección del residuo con mayor PE, teniendo en cuenta las variables más influyentes de las cuales depende este potencial.

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 palma aceitera.

CAPITULO IV

RESULTADO Y DISCUSION.

4.1. Análisis del factor de generación de los Residuos sólidos del proceso industrial de la palma aceitera en la región Ucayali.

En la figura 11, se observa el factor de generación de residuos sólidos que son el escobajo, la fibra y el cuesco, estos datos han sido proporcionados por las empresas procesadoras de aceite de palma de la región, teniendo como referente principal a la Empresa OLAMSA, empresa con mayor capacidad productiva de aceite de palma de la región de Ucayali.

El factor de generación de residuos sólidos de palma aceitera está en base a una tonelada de Racimos de Fruto Fresco (RFF), lo que equivale lo siguiente: un 25% equivale al escobajo; el 14 % equivale a la fibra y 2% equivale al cuesco; sumando en total da un 41%.

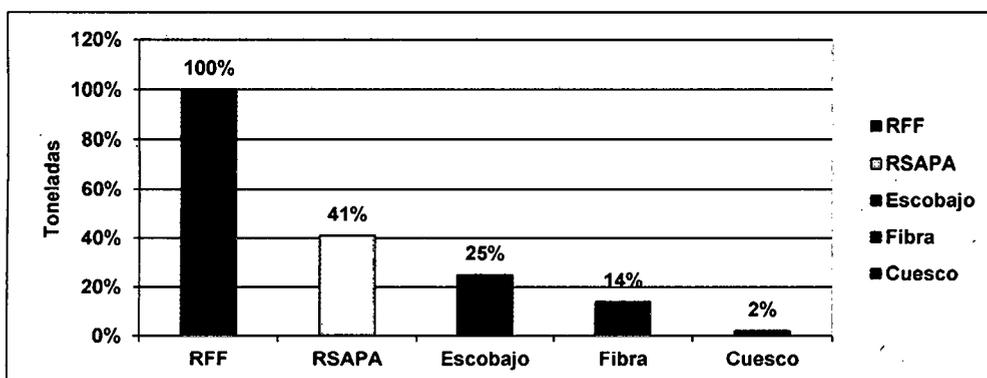


Figura 11. Factor de generación de residuos sólidos de palma aceitera

En un estudio realizado por (Yáñez, 2008) en Colombia se encontraron valores similares en cuanto al factor de generación de residuos sólidos de palma aceitera en una planta, que llegan a ser el 42% en base a una

tonelada del racimo de fruto fresco (RFF); compuestos principalmente por el 25% de escobajo, 15% de fibra y 2% de cuesco.

Tabla 7. Producción de residuos sólidos

Producción de Residuos Sólidos de Palma Aceitera.		Producción de residuos diarios tn	Producción de residuos mensual tn	Producción de residuos anual tn
Padre Abad	Escobajo *	70,77	2152,48	25829,76
	Fibra	39,63	1205,39	14464,67
	Cuesco	5,66	172,20	2066,38
Total				42 361. 81
Coronel Portillo	Escobajo *	30,14	916,85	11002,22
	Fibra	16,88	513,44	6161,24
	Cuesco	2,41	73,35	880,18
Total				18 044. 64
Suma Total				60 404,45

En la tabla 7, se muestra que el total de residuos sólidos generados por el procesamiento de palma aceitera es de **42 361.81 Tn/año** para la Provincia de Padre Abad y para la Provincia de Coronel Portillo es de **18 044.64 Tn/año**, esta diferencia se debe a que en Padre Abad hay mayor cantidad de áreas sembradas de Palma Aceitera en producción (7813,97 has).

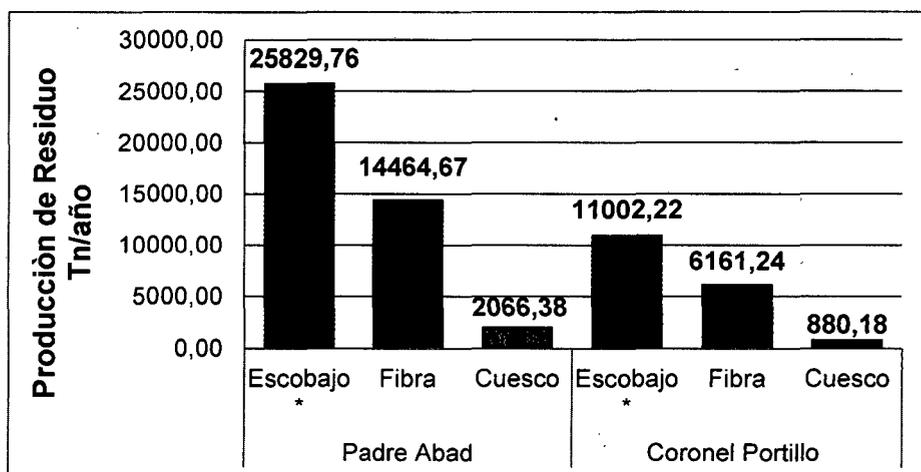


Figura 12. Cantidad de Biomasa Residual anual de la extracción de aceite palma en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad

En la figura 12, se relaciona la cantidad de residuo generado a nivel de las dos provincias, del cual el escobajo es de mayor cantidad con **25 829,76 Tn/año**, ya que este residuo es de gran tamaño y equivale al 25% de peso por una tonelada de racimo de fruto fresco de palma aceitera; y es de menor cantidad el cuesco con **880,18 Tn/año** que equivale al 2% de peso por una tonelada de RFF.

4.2. Análisis de las Características físicas de los Residuos Sólidos Agroindustriales de la Palma Aceitera.(RSAPA)

En la siguiente figura se observa los valores porcentuales de las principales características físicas de los RSAPA.

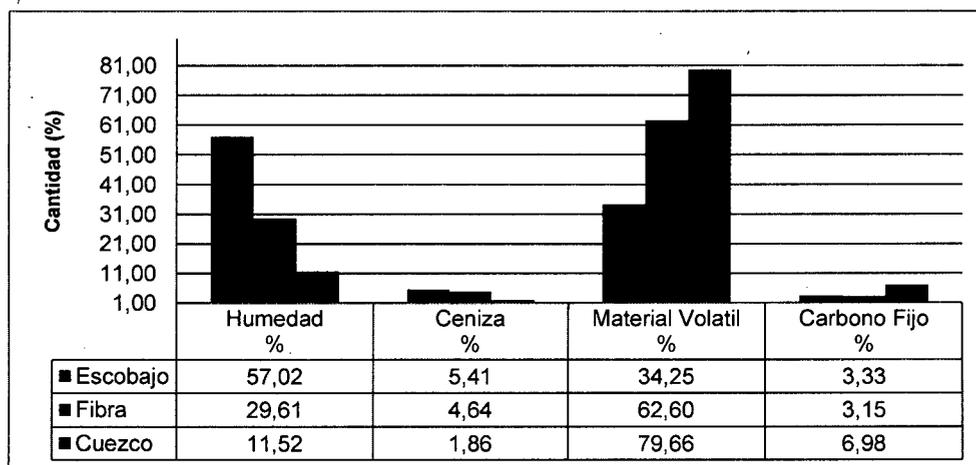


Figura 13. % de Humedad, % de Cenizas, % de Material Volátil y % de Carbono Fijo de los RSAPA

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 de los RSAPA, oscilan, entre 11 y 58%, en donde la fibra y el cuesco tiene valores menores a 30 %, (29.61% y 11,52%, respectivamente) lo que indica que puede ser utilizados para procesos

térmicos, mientras que el Escobajo alcanza los 57.02 % , valor que indica que solo puede ser apto para procesos bioquímicos, este resultado es similar al estudio realizado por Miranda & Amaris (2009) en Colombia, cuyos valores en porcentaje de humedad oscilan entre 19 y 60%; el % de humedad de la fibra y el cuesco son menores al 40% mientras que el escobajo asciende a 59,13%, de acuerdo a estos valores nuestros resultados son ligeramente mejores en cuanto a % de humedad.

Los resultados del % Ceniza de los Residuos Sólidos Agroindustriales de la Palma Aceitera, oscilan entre 1.86 y 5.45 % , siendo estos valores relativamente bajo en comparación con otras fuentes de energía no renovables. Por otro lado el % de material volátil de los RSAPA son ligeramente altos, que se encuentran desde 34.25% y 79.66%, en donde el valor más bajo es del escobajo y el más alto es del cuesco.

El contenido de cenizas influye mucho en los costos de procesamiento y transformación de la energía según lo expuesto por Subero (2010); un bajo porcentaje de ceniza y un alto contenido de material volátil son las ventajas que tienen los RSAPA 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). Comparando este resultado con el estudio de Miranda & Amaris (2009), nuestros resultados tienen valores menores con respecto al porcentaje de ceniza que oscilan entre 7,62 % y 9.58%; comparado al porcentaje de material volátil son superiores a nuestro resultado ya que ellos registraron un valor entre 82.56%, 85% y 85.9

En cuanto al % de carbono fijo, los resultado son bajos con relación a otros combustibles de biomasa, como la madera (77.79%), leña (85.74%), carbón vegetal (86%) esto se debe a que existen mayor cantidad de

enlaces carbono-oxígeno y carbono-hidrógeno y pocos enlaces carbono-carbono. El % de carbono fijo nos permite estimar la cantidad de residuo carbonoso que queda tras la etapa de devolatilización de la partícula, y por tanto nos da una idea del tiempo de resistencia necesario para obtener una combustión completa.

4.3. Comparación las características físicas de los RSAPA con diferentes tipos de madera.

Tabla 8. Características físicas de los RSAPA y principales maderas de la región

Estudios	Biomasa	Humedad %	Ceniza %	Material Volátil %	Carbono Fijo %
RSAPA	<i>Escobajo</i>	57.02	5.41	34.25	3.33
	<i>Fibra</i>	29.61	4.64	62.60	3.15
	<i>Cuesco</i>	11.52	1.86	79.66	6.98
Proyecto: "Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales" 2012	<i>Aucatadijo</i>	12.39	3.07	7.22	86.46
	<i>Huamansama</i>	11.09	2.71	10.30	85.74
	<i>Sapote</i>	11.87	14.36	4.78	77.79
	<i>Utucuro</i>	13.78	5.20	3.14	85.21
	<i>Pashaco Blanco</i>	12.48	2.57	6.44	88.55
	<i>Marupa</i>	13.02	1.77	2.40	90.44
	<i>Yacushapana</i>	12.92	5.28	7.08	86.11

En la tabla 8, se observa las características de los combustibles de biomasa derivados del aserrío de madera, estas especies estudiadas tienen un bajo porcentaje de humedad con respecto a los RSAPA, a excepción del Cuesco que tienen similares valores; en cuanto al % de ceniza, nuestros resultados muestran valores similares; 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 son demasiado bajos a los 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).

4.4 Resultados de Poder Calorífico de los residuos sólidos de Palma Aceitera.

El poder calorífico nos expresa la cantidad de energía que se puede desprender al producirse una reacción química de oxidación.

Residuo	Escobajo	Fibra	Cuesco
Poder Calorífico Kcal/100gr.	382,76	421,02	443,07

Tabla 9. Poder Calorífico de los residuos de palma.

Comparando este resultado con el estudio de Miranda & Amaris (2009), nuestros resultados tienen valores similares, ellos registraron valores de 417,61 Kcal para escobajo, 443,87 Kcal para fibra y 414,16 Kcal para cuesco.

4.4.1 Comparación del poder calorífico con diferentes tipos de madera.

Tabla 10. Comparación de poder caloríficos de residuos forestales con los RSAPA.

Estudios	Biomasa	Poder Calorífico Kcal/kg
RSAPA	<i>Escobajo</i>	3827.6
	<i>Fibra</i>	4210.2
	<i>Cuesco</i>	4430.7
Proyecto: “Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales” 2012	<i>Aucatadijo</i>	7090.28
	<i>Huamansama</i>	7072.78
	<i>Sapote</i>	6306.9
	<i>Utucuro</i>	7091.47
	<i>Pashaco Blanco</i>	7301.71
	<i>Marupa</i>	7416.96
	<i>Yacushapana</i>	7048.29

La tabla 10, muestra los valores de poder calorífico de los RSAPA, los cuales son menores en un 41% en comparación con los resultados obtenidos 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 de los RSAPA es muy alta especialmente del escobajo.

4.5 Potencial energético (PE).

En la siguiente tabla se muestran los resultados del potencial energético de los Residuos Sólidos agroindustriales de palma Aceitera (RSAPA), de acuerdo a la jurisdicción.

Tabla 11. Potencial energético de los RSAPA en la Provincia de Padre Abad y Coronel Portillo.

Residuo	Lugar	Energía KJ/Tn	PE TJ	PE Total TJ
Escobajo	Coronel Portillo	16025395.68	75.74	*90.85
Fibra		17627265.36	76.41	
Cascarilla		18550454.76	14.44	
Escobajo	Padre Abad	16025395.68	177.61	*213.03
Fibra		17627265.36	179.17	
Cascarilla		18550454.76	33.86	
TOTAL				303.88

* No se considera los valores del PE del escobajo en la sumatoria total.

En la tabla 11, 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 Palma Aceitera en producción, asimismo en el valor total del PE no se ha considerado al PE generado por el escobajo debido a su alto porcentaje de Humedad, la cual nos generaría un elevado costo para su aprovechamiento, El PE total para la región de Ucayali asciende a 303.88 TJ, este valor supera a lo registrado por la Dirección General de Eficiencia Energética, que para el año 2013 señaló que la región de Ucayali tenía un PE de 223.21 TJ/año, Por otra parte dicha entidad del estado señaló que el aserrín genera un PE de 857,26 TJ, la cual supera el valor obtenido por los RSAPA.

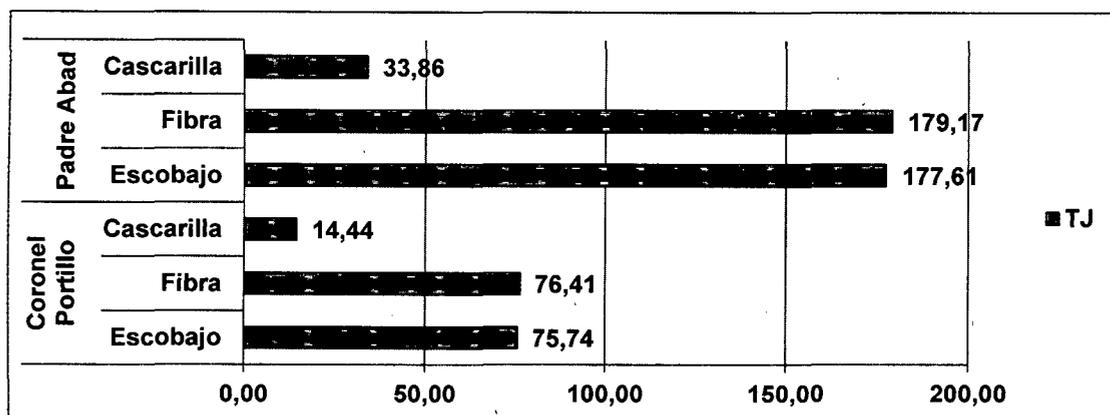


Figura 14. Distribución de barras de Potencial Energético (TJ) generado por el tipo de residuo y Provincia

4.6 Potencia eléctrica proyectada.

En la siguiente tabla se observa la potencia eléctrica proyectada para la región de Ucayali.

Tabla 12. Potencia Eléctrica

RSAPA	Potencia MW	Cubierta a la demanda Pucallpa por residuos	Cubierta a la demanda Pucallpa por provincia	Cobertura de la demanda de la ciudad de Pucallpa total
Padre Abad	Fibra	12.41	23%	26%
	Cúesco	1.77	3%	
Coronel Portillo	Fibra	5.28	10%	37%
	Cuesco	0.75	1%	
Total	20.21	37%	37%	

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 de los RSAPA equivale a 20.21 MW, este valor estaría cubriendo en un 37% la demanda de la Ciudad de Pucallpa que actualmente es de 55 MW y estaría cubriendo aproximadamente 5 veces la demanda de la ciudad de Aguaytía que es de 3.5 MW.

CAPITULO V

CONCLUSIONES.

- ⊕ El factor de generación de residuo en un planta procesadora de aceite de palma en base a una tonelada de racimo de fruto fresco (RFF) equivale en un 25% en escobajo, 14% en fibra y un 2% en cuesco, haciendo un total de 36 831,98 Tn/año de escobajo, 20 625,91Tn/año de fibra y 2946,56 Tn/año de cuesco, en ambas provincias.
- ⊕ La fibra y la cascarilla de palmiste o cuesco son residuos aptos para su aprovechamiento como combustible para ser utilizado directamente en la producción de vapor para procesos industriales o para generar energía eléctrica, esto se debe a que tiene menor porcentaje humedad.
- ⊕ El escobajo contiene un alto porcentaje de humedad de 57.02% motivo por el cual no se considera apto para su aprovechamiento energético como combustible, sino que pueden ser utilizado en procesos bioquímicos.
- ⊕ Todos los residuos estudiados tienen valores bajos en % ceniza: Escobajo (5.41%), Fibra (4.64%) y Cuesco (1.86%) y altos valores en % de Material Volátil: Escobajo (34.25%), Fibra (62.60%) y Cuesco (79.66%); haciendo a la biomasa un alimento ideal para procesos como la pirolisis o la gasificación.
- ⊕ Todos los residuos estudiados tienen bajo valores del %Carbono Fijo: Escobajo (3.33%), Fibra (4.64%) y Cuesco (1.86%), esto nos da una idea del tiempo de resistencia necesario para obtener una combustión completa.

- ⊕ El cuesco y la fibra tienen mayor poder calorífico (4430.7 Kcal/kg y 4210.2 Kcal/kg respectivamente) que el escobajo, con un 3827.6 Kcal/kg; que al compararlo con las especies forestales estos residuos tienen menor poder calorífico.
- ⊕ El potencial energético que genera los residuos sólidos agroindustriales de palma aceitera (RSAPA) asciende a 303.88 TJ al año; esta energía podría ser aprovechada para la generación eléctrica o para compensar los requerimientos energéticos que tienen las plantas extractoras de palma aceitera.
- ⊕ La Potencia eléctrica evaluada es de 20.21 MW, la misma que cubriría en un 37% la demanda de la Ciudad de Pucallpa (55 MW) y 5 veces la demanda de la ciudad de Aguaytía (3.5 MW)

RECOMENDACIONES

- ⊕ Se debe realizar un estudio complementario de factibilidad en el aprovechamiento de los RSAPA como combustible, con la finalidad de definir la tecnología adecuada para su aprovechamiento

- ⊕ Según lo establecido en el D.S. N° 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 la 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 la asociatividad de agricultores vinculándolos a cadenas productivas regionales y nacionales.

BIBLIOGRAFIA.

1. AGENCIA ANADALUCIA DE LA ENERGIA 2011,"La Biomasa en Andalucía"
Consejería de Economía, Innovación y Ciencia, Pág. 24.
2. AIE, 2012 Key World Energy Statistics. Agencia Internacional de Energía.
3. AGENCIA PROVINCIAL DE LA ENERGÍA DE BURGOS (AGENBUR). (En línea), 2011, (Fecha de consulta: 17 de agosto del 2015). Disponible en :
<http://www.agenbur.com/es/contenido/index.asp?iddoc=410>
4. ALNICOLSA. (18 de Agosto de 2015). ACEITE DE PALMA: USOS, ORÍGENES E IMPACTOS. Obtenido de Desfibración de la Torta y Recuperación de las Nueces: <http://taninos.tripod.com/aceitepalma.htm>
5. BROWN, C. Thermochemical processing of biomass. Conversion into fuels, chemicals and power. Editorial Wiley. Gran Bretaña. 2011. p. 19.
6. BOTTA, N. (18 de Agosto de 2015). Poder Calorífico. Obtenido de http://www.redproteger.com.ar/poder_calorifico.htm
7. CARPINTERO, O (2006). «Biocombustibles y uso energético de la biomasa: un análisis crítico». El ecologista (49). ISSN 1575-2712.
8. CARRASCO, J. G.; IER-CIEMAT, "Tecnologías de transformación de la biomasa para usos no alimentarios"; Curso "La biomasa: fuente de energía y productos para la agricultura y la industria"; 1996.
9. CASTELLS, X. C. (2005). Clasificación de la biomasa. Tratamiento y valorización energética de residuos., 118.
10. DE JUANA, J., Y J. FERNÁNDEZ. 2002. Energías renovables para el desarrollo. Madrid, España: Thomson Paraninfo. 311 p.

11. DEL CAMPO, E. Estudio técnico- económico de la instalación de una planta de biomasa para generación eléctrica. Trabajo de Grado. Ingeniera Industrial. Universidad Pontificia Comillas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Madrid. 2007. p. 60.
12. DIRECCIÓN GENERAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (DGEE), 2013 "Estudio para determinar el potencial de la bioenergía en las regiones de Loreto, Ucayali, San Martín y Madre de Dios.
13. ENERGÍAS RENOVABLES. ENERGÍA BIOMASA. (En línea), 2008, (Fecha de consulta: 12 de agosto de 2015). Disponible en:
http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_biomasa.pdf.
14. ESTEVAN, A (2008). «Biocombustibles: la agricultura al servicio del automóvil». El ecologista. ISSN 1575-2712.
15. F.R.P. ARRIETA, F.N. TEIXEIRA, E. YAÑEZ, E. LORA, E. CASTILLO. Cogeneration potential in the Colombian palm oil industry: Three case studies. Biomass and Bioenergy 31, 2007. Pag 503-511.
16. FERNÁNDEZ, J. G.; E.T.S Ingenieros Agrónomos, Madrid; "La biomasa como fuente de energía y productos no alimentarios"; Curso "La biomasa: fuente de energía y productos para la agricultura y la industria."; 1996.
17. FOCER. (2002). Manuales sobre energía renovable: Biomasa. Editorial Users. S.A. San José S.A., 4, 7-8, 10, 13
18. FORERO, A. Estudio preliminar del potencial energético de hueso de palma y cáscara de coco en Colombia. Revista Ingeniería Solidaria, Vol. 8, (14) 2012, pp 19-25.

19. GAONA, D. Mezcla de Cascarilla de Nuez de Palmiste y Raquis como Combustible Alternativo para Generación Eléctrica. Tesis de Grado para la Obtención del Título de Ingeniero Químico. Universidad Central Del Ecuador. 2014. p. 19.
20. GARCÍA, E. Combustión directa de la biomasa. Escuela de Organización Industrial. (En línea), 2008, (Fecha de consulta: 12 de agosto de 2015). Disponible en: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45279/componente45278.pdf
21. GARCÍA, H. 2013. Matriz Energética en el Perú y Energías Renovables, VIII. Barreras Para El Desarrollo de la Bioenergía. Pág. 12.
22. HUSAIN, Z.A. ZAINAL, M.Z ABDULLAH. Analysis of biomass-residue-based cogeneration system in palm oil mills. Biomass and Bioenergy 24, 2003. Pag. 117 – 124
23. JARAMILLO, R. Ventajas Económicas y Ambientales de Industrializar los desechos de palma aceitera. II Congreso Internacional de Palma Aceitera, 2012. Tingo María.
24. CUIPING. L 2004. Chemical Elemental Characteristics of Biomass Fuels in China. Biomass and Bioenergy Tomo 27; pág.119 - 130.
25. MCKENDRY, P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. BioresourceTechnology 83, 2002. Pag 37-46
26. MIRANDA, E. Y PANDURO, G. Determinación del tiempo de descomposición del escobajo de palma aceitera (*elaeisguineensis*, jacq), bajo condiciones ambientales en el distrito de Campo Verde- Provincia de Coronel Portillo. - Rev. Tzhoecoen VOL. 6 / N° 1, ISSN: 1997-3985/2014

27. MIRANDA, I; AMARIS, O (2009). Aprovechamiento del potencial energético de la biomasa residual obtenida de la extracción de aceite de palma en Colombia. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Santander. Bucaramanga
28. NAREDO, J; VALERO, A (1999). Desarrollo económico y deterioro ecológico. Madrid, Fundación Argenteria y Visor Distrib.
29. NOGUÉS, Fernando Sebastián. Energías Renovables: Energía de la Biomasa. Prensas Universitarias de Zaragoza. España. 2010. pp. 34-35.
30. PÉREZ, G. (17 de Agosto de 2015). Hablemos sobre las Energías Renovables (EERR). Obtenido de Biomasa Residual Húmeda: <http://geroperez.blogspot.com/2009/05/biomasa-residual-humeda.html>
31. 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>.
32. POSSCHELLE, G. YOOK, B. Uso Energetico de Desechos tales como: Fibra, Cascara y Racimos. Mesa Latinoamericana de Palma Aceitera. Pag.227 – 243, 2009.
33. RAMÍREZ, P. (2012). Elaboración de briquetas de carbón a partir de la cascarilla de nuez de palmiste. Trabajo de Grado en Ingeniera Química, 4.
34. PRASERTSANA, S & SAJJAKULNUKIB, B .Biomass and biogás energy in Thailand: Potential, opportunity and barriers. RenewableEnergy 31, 2006. Pag 599-610.
35. SEBASTIÁN, F., GARCÍA, D., & REZEAU. (2010). Energía de la biomasa. Energía de la biomasa (pág. 28). España: Prensas Universitarias de Zaragoza

36. T.M.I MAHLIA, M.Z. ABDULMUIN, T.M.I. ALAMSYAH, D. MUKHLISHIEN. An alternative energy source from palm wastes industry for Malasia and Indonesia. Energy Conversion and Management Tomo 42, 2001. Pag. 2109-2118
37. VELÁSQUEZ, W. Biomasa. Energías renovables. Capítulo 4: Biomasa: Características y clasificación del estado físico. (En línea), 2009, (Fecha de consulta: 17 de agosto de 2015). Disponible en : <http://www.mailxmail.com/curso-biomasa-energias-renovables/biomasa-caracteristicas-clasificacion-estado-fisico>

ANEXOS.

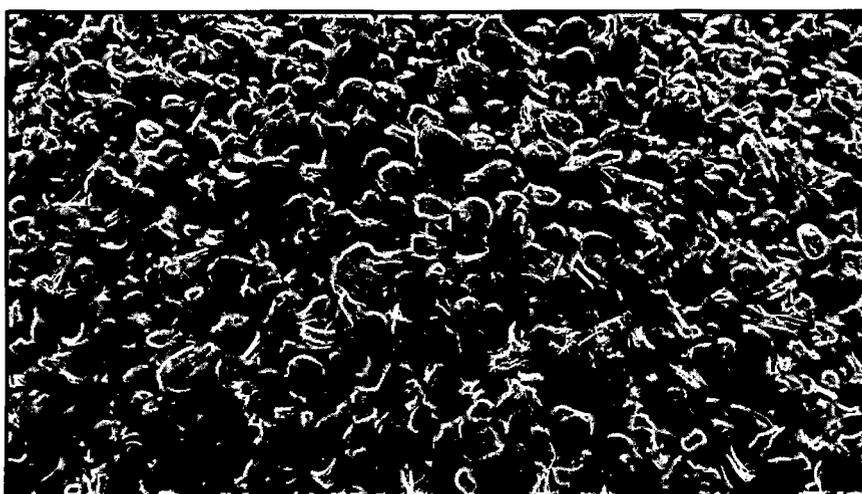
Tabla 13. Características físicas del combustible.

%Humedad			%Ceniza			%Materia Volátil			%Carbono Fijo		
Escobajo	Fibra	Nuez	Escobajo	Fibra	Nuez	Escobajo	Fibra	Nuez	Escobajo	Fibra	Nuez
57.02	32.51	11.26	4.99	4.76	2.10	36.84	58.64	82.49	1.15	4.09	4.15
57.02	32.51	11.26	5.37	4.67	2.15	33.75	55.56	81.00	3.85	7.27	5.59
57.02	32.51	11.26	4.09	5.49	2.09	38.69	52.48	83.60	0.21	9.52	3.05
57.02	32.51	11.26	5.22	4.73	2.40	31.56	59.05	80.45	6.19	3.71	5.89
57.02	32.51	11.26	5.06	4.43	2.20	32.99	55.50	80.69	4.93	7.56	5.85
57.02	36.80	17.40	4.10	4.76	1.60	34.94	57.21	73.21	3.94	1.23	7.79
57.02	36.80	17.40	4.95	5.39	1.40	30.94	57.20	71.22	7.09	0.61	9.98
57.02	36.80	17.40	4.84	5.13	1.29	34.65	57.36	73.95	3.49	0.72	7.36
57.02	36.80	17.40	4.36	5.40	1.49	33.45	57.15	73.13	5.17	0.65	7.97
57.02	36.80	17.40	4.96	5.59	1.49	32.75	57.26	73.22	5.27	0.35	7.88
57.02	22.36	8.70	6.47	3.86	2.29	34.29	70.64	83.72	2.22	3.14	5.30
57.02	22.36	8.70	6.56	3.70	2.14	35.09	68.64	81.51	1.33	5.30	7.65
57.02	22.36	8.70	6.52	3.73	2.25	35.44	73.34	82.87	1.02	0.57	6.18
57.02	22.36	8.70	6.53	3.87	2.30	35.85	70.81	80.00	0.60	2.96	9.00
57.02	22.36	8.70	5.32	3.26	2.15	35.43	71.79	81.90	2.22	2.59	7.25
57.02	26.78	8.70	5.00	4.50	1.40	35.78	65.92	83.80	2.19	2.80	6.10
57.02	26.78	8.70	5.97	4.80	1.34	32.35	65.17	81.51	4.65	3.25	8.44
57.02	26.78	8.70	6.79	4.90	1.75	34.19	67.58	82.87	2.00	0.75	6.68
57.02	26.78	8.70	5.94	4.70	1.55	32.98	65.73	80.00	4.06	2.79	9.75
57.02	26.78	8.70	5.07	5.19	1.79	32.98	64.89	81.90	4.93	3.14	7.61

Anexo 2.- Fotografías del estudio.



Fotografía 1. Escobajo de Palma Aceitera



Fotografía 2. Cuesco de Palma



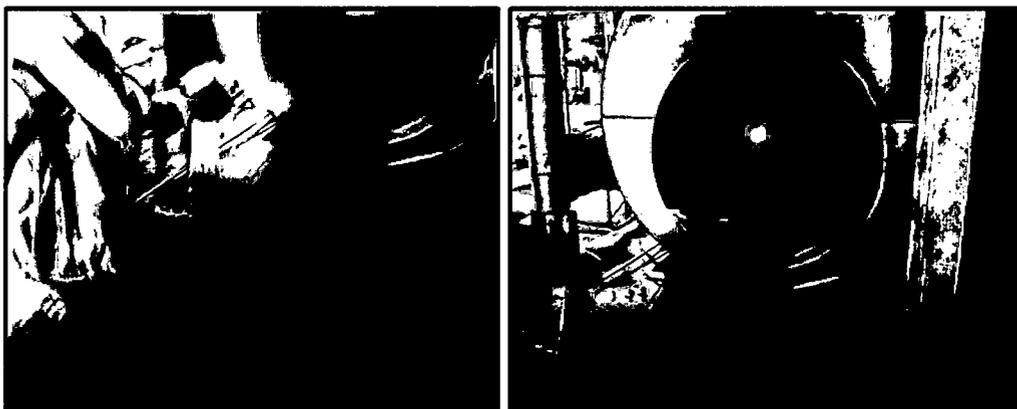
Fotografía 3. Fibra de Palma Aceitera



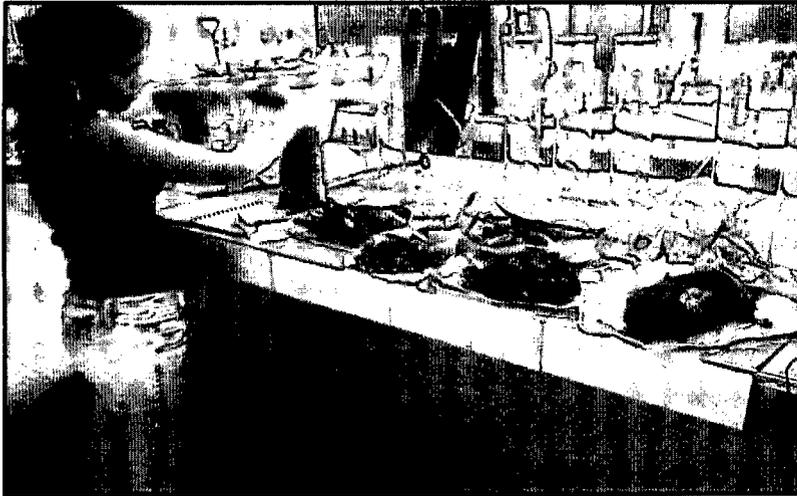
Fotografía 4. Planta Procesadora de Aceite de palma.



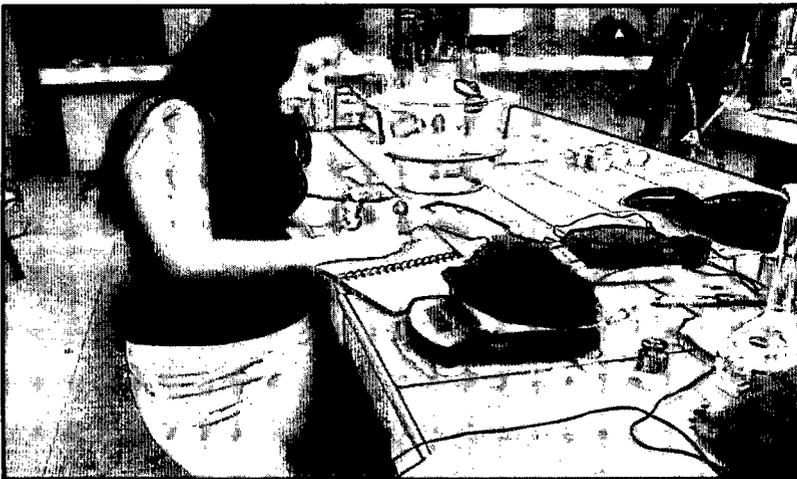
Fotografía 5. . Empresa OLAMSA



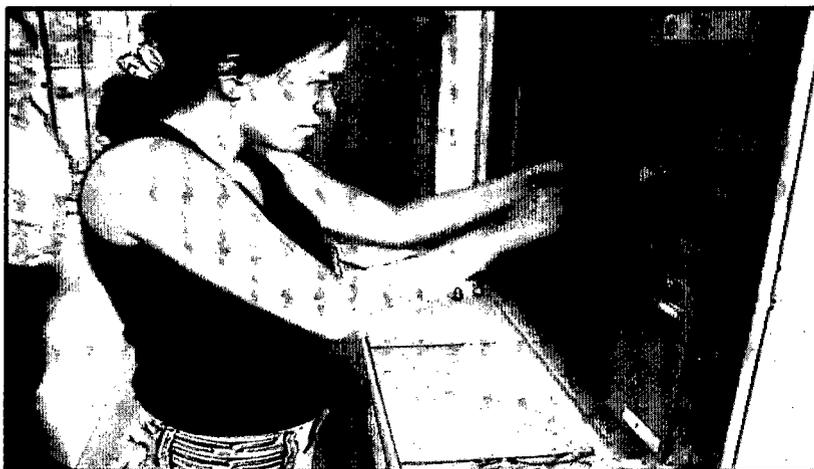
Fotografía 6. Recolección de Muestras



Fotografía 7. Muestras en el laboratorio



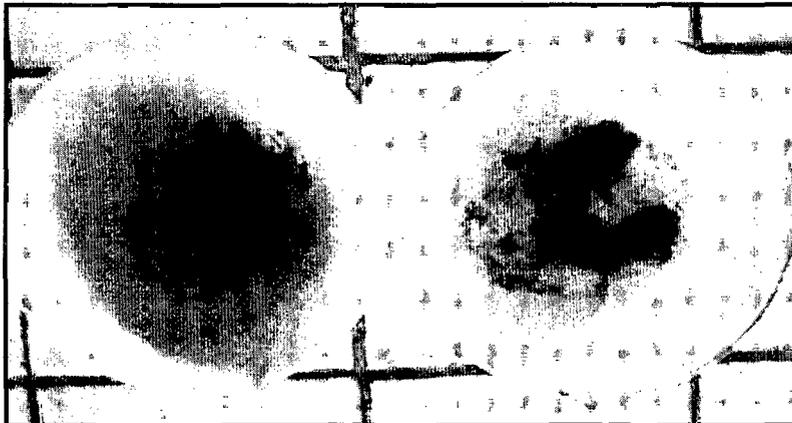
Fotografía 8. Pesado de las muestras



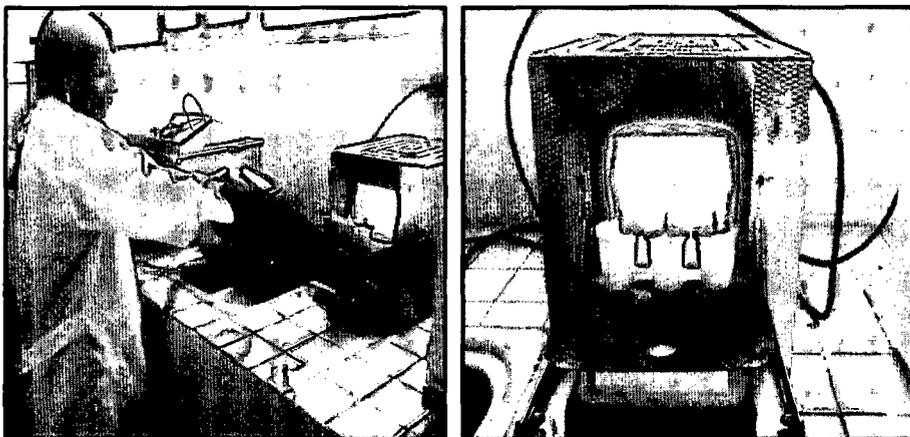
Fotografía 9. Determinación de Humedad de las muestras



Fotografía 10. Molidos de muestras secas



Fotografía 11. Cenizas de fibra de palma



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° 003852 - 2015

SOLICITANTE : STEFFANI PRISCILA ZEVALLOS RIOS
DIRECCIÓN LEGAL : PUCALPA
RUC : --- Teléfono : 991831214
PRODUCTO : FIBRA DE PALMA ACEITERA
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : S.I.
CANTIDAD RECIBIDA : 383,8 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en bolsa de papel cerrada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN-002486 -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)	421,02

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
M. Sc. Jorge Chávez Pérez
DIRECTOR TÉCNICO
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° 003851 - 2015

SOLICITANTE : STEFFANI PRISCILA ZEVALLOS RIOS
DIRECCIÓN LEGAL : PUCALPA
RUC : --- Teléfono : 991831214
PRODUCTO : ESCOBAJO DE PALMA ACEITERA
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : S.I.
CANTIDAD RECIBIDA : 460,1 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en bolsa de papel cerrada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN-002486 -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)	382,76

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

M. Sc. Jorge Chávez Pérez
DIRECTOR TÉCNICO
CBP N° 2503

Pág. 1/1



Av. La Universidad 595 La Molina Lima - Perú
Telefaxes: (511) 3495640 - 3492507 - 3495794 - 3492191
E-mail: calitot@fonogocio.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° 003850 - 2015

SOLICITANTE : STEFFANI PRISCILA ZEVALLOS RIOS
DIRECCIÓN LEGAL : PUCALPA
RUC: --- Teléfono : 991831214
PRODUCTO : CUESCO DE PALMA ACEITERA
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : S.I.
CANTIDAD RECIBIDA : 362,6 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en bolsa de papel cerrada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN-002486 -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)	443,07

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
M. Sc. Jorge Chávez Pérez
DIRECTOR TÉCNICO
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

Anexo 4. Ficha de entrevista para las empresas procesadoras de palma aceitera.



TESIS:
**Determinación del Potencial Energético de la biomasa residual
obtenida de la extracción de aceite de palma, en la Provincias de
Coronel Portillo y Padre Abad, Región Ucayali 2015**



Ficha de Entrevista

Datos Generales

Empresa	
Lugar	
Nombre y Apellidos	
Cargo	

Datos Informativos:

Capacidad Operativa (Tn/Hora)	
Capacidad Operativa (Tn/Dia)	
Capacidad Operativa (Tn/mes)	
Capacidad Instalada (Tn/hora)	
Factor de generación de residuos solidos	
Cascarilla (%/ ton RFF)	
Fibra (%/ ton RFF)	
Escobajo (%/ ton RFF)	