



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“IDENTIFICAR EL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA  
RESIDUAL AGRÍCOLA PARA SU APROVECHAMIENTO COMO  
USO DOMÉSTICO”

Trabajo de Investigación para optar el grado de:  
BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Presentado por:

Brenda Jossefin Huaytalla Galindo

Asesor:

Jorge Luis Cárdenas Ruiz

Lima – Perú

2019



**RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°127-2019-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 30 de septiembre de 2019

**VISTO:**

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **Identificar el potencial energético de la biomasa residual agrícola para su aprovechamiento como uso doméstico**, presentado por:

- **Brenda Jossefin Huaytalla Galindo**

**CONSIDERANDO:**

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller en **Ingeniera Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

**SE RESUELVE:**

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **Identificar el potencial energético de la biomasa residual agrícola para su aprovechamiento como uso doméstico** con N° de registro de la carrera: **018-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Ing. Jorge Luis Cárdenas Ruiz** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,



**Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca**  
Director Académico de Carrera  
Ingeniería Ambiental

## **IDENTIFICAR EL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA RESIDUAL AGRÍCOLA PARA SU APROVECHAMIENTO COMO USO DOMÉSTICO**

Brenda Jossefin Huaytalla Galindo

*Universidad Científica del Sur, Facultad de Ciencias Ambientales, Lima Perú*

*Brendahuaytalla.ucsur@gmail.com*

### **RESUMEN**

En la actualidad el uso excesivo de los combustibles fósiles ha contribuido al calentamiento global y al agotamiento del recurso como suministro de energía. Ello ha generado que se empleen distintas fuentes alternativas de energía renovable que sean sosteniblemente amigables con el medio ambiente. Hoy en día se ha evidenciado que gran parte de la biomasa residual proveniente de las cosechas en las Sierra Peruana, contiene un alto porcentaje energético, el mismo que puede ser utilizado como fuentes de energía térmica o eléctrica.

Un ejemplo de lo antes referido se da en gran parte de los pueblos andinos del Perú, los cuales desarrollan gran actividad agrícola como la siembra de papa, habas, maíz, trigo, etc., en donde generan grandes volúmenes de materia orgánica o biomasa residual que pueden ser aprovechados como uso energético.

En este artículo, se presenta un análisis del potencial energético de la biomasa residual proveniente del sector agrícola para su aprovechamiento como uso doméstico. Esta biomasa residual generada como subproducto en las cosechas se produce de igual manera en diferentes partes del Perú donde son actualmente de gran interés, ya que presenta un alto contenido energético y puede ser aprovechada por los pobladores que carecen de algún servicio básico. La biomasa residual obtenida puede producir energía

mediante procesos termoquímicos y bioquímicos, donde principalmente se utilizaría como energía térmica y eléctrica para los pobladores aledaños al lugar.

Palabras clave: Biomasa, potencial energético, proceso termoquímico, uso doméstico.

#### ABSTRACT

Currently the excessive use of fossil fuels has contributed to global warming and the depletion of the resource such as power supply. This has generated that different alternative sources of renewable energy that are sustainably environmentally friendly with the environment used. Today has shown that much of residual biomass from crops in the Peruvian Sierra, contains a high percentage energy, which can be used as a source of thermal or electrical energy.

An example of before regard is given in much of the Andean peoples of the Peru, which develop large agricultural activity as the sowing of potato, beans, corn, wheat, etc., where generate large volumes of organic matter or residual biomass that can be exploited as energy use.

In this article, is an analysis of the energy potential of residual biomass from agriculture for use as domestic use. This residual biomass generated as a by-product in the crop is produced in the same way in different parts of the Peru where are currently of great interest, since it has a high energy content and can be exploited by people who lack of some basic service. The residual biomass obtained can produce energy using thermochemical and biochemical processes, where mainly used as a thermal and electrical energy for surrounding villagers to the place.

Key words: biomass, energy potential, thermochemical process, domestic use.

## REVISIÓN TEÓRICA

Es evidente la importancia que posee la agricultura como medio de producción de fuentes alimentarias y la generación de fuentes de residuos biomásicos, este tipo de biomasa son originados durante las temporadas de cosecha, la cual constituye una de las principales fuentes renovables con gran potencial energético. Esta biomasa hace referencia a la materia orgánica que se produce a partir de la transformación artificial o natural de los residuos vegetales o animales; en otras palabras es la generación de subproductos durante la cosecha, el cual no presenta algún valor característico que sea utilizado como fin alimentario, pero si para ser utilizado como una fuente de energía (Escares, 2014).

La biomasa es una de las fuentes biodegradable de los productos orgánicos, restos de alimentos, podas de jardines, cultivos agrícolas, astillas, restos forestales, hojas secas y parte de los residuos domiciliarios, así como los desechos de los animales y/o humanos. Por sus características fisicoquímicas y caloríficas; la biomasa se manifiesta materia de primera producción de energía por el calor o la electricidad que se deriva de los recursos no renovables( Herguedas,et al., 2012).

A nivel mundial, dicha biomasa produce un 13% de energía consumida y supe un 35% de energía consumida primaria en países subdesarrollados. La utilización de la biomasa manifiesta numerosas ventajas para toda la sociedad, ya que puede reducir el uso de

los combustibles fósiles, contribuyendo así, amigablemente con el ambiente (Manrique, Franco, Núñez, & Seghezzo, 2008).

La biomasa cumple un papel fundamental en el sector agrícola, ya que es una fuente energética que se encuentra libremente en la naturaleza, siendo de gran potencial energético para su aprovechamiento (García, 2013). Asimismo, esta biomasa constituye una de las principales materias primas que puede emplearse para la producción de energía, calor, bioproductos y combustibles; de tal manera que contribuya a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero (Berndes, et.al., 2007).

### **Fuentes de Biomasa como uso energético**

La principal fuente de energía en la productividad de la biomasa es la energía solar, donde las plantas absorben gran parte de los rayos solares, almacenando en su interior un contenido energético como resultado de la fotosíntesis (Martí, 2017). Esta composición biomásica representa grandes porcentajes de elementos como el carbono, hidrógeno y oxígeno, las cuales comprenden reacciones exotérmicas generadoras de energía (Núñez, 2012). Por otra parte, dependiendo la fuente de origen existen diferentes tipos de biomasa que son utilizados para generar energía, entre ellos se tienen la biomasa natural, residual y biomasa de cultivos energéticos.

#### *Biomasa Natural*

Este tipo de biomasa es producida de forma natural en el ecosistema, donde no ha intervenido alguna actividad humana; en otras palabras, esta biomasa es la acumulación de la materia orgánica producida por la actividad fotosintética de los vegetales (Herguedas, et al., 2012).

### *Biomasa Residual*

La biomasa residual hace referencia a la generación de los subproductos que proceden de las transformaciones naturales de la materia orgánica. Se pueden encontrar los residuos agrícolas (como podas de los campos de cultivo, viñedos y frutales), residuos forestales (residuos generados en operaciones de limpieza de la chacra), residuos herbáceos (pajas de cereales, cañotes del maíz, etc.), residuos ganaderos (como los purines, que son residuos de los animales en donde pueden ser utilizados para generar biol o abonos) y residuos generados por la actividad humana (Escares, 2014).

### *Biomasa de cultivos energéticos*

Esta biomasa hace semejanza a aquellos cultivos que no son aprovechados para fines alimentarios, pero si son destinados a la generación de energía. Los cultivos energéticos tienen como finalidad producir mayor cantidad de energía en una determinada superficie, de tal manera se utilizan considerables hectáreas para sembrar dichos cultivos. La siembra de los cultivos va a depender principalmente a la orientación que se quiere dar a la biomasa, por ejemplo para la obtención de biocarburantes se va requerir la extracción del aceite de semilla, las cuales puedan dar lugar al bioetanol. Para la producción de biocombustibles se va utilizar grandes cantidades de biomasa provenientes de los cultivos forestales y herbáceos (Baculima & Rocano, 2015). Es así, que con cada tipo de biomasa se puede obtener distintos tipo de bioenergía, es por ello,

que a continuación se describirá cuáles son las fuentes de biomasa para el uso energético (Tabla 1).

Tabla 1. Fuentes de la biomasa para el uso energético.

TIPO DE RESIDUO BIOMASICO		PROCEDENCIA
CULTIVOS ENERGÉTICOS	Herbáceos	Cardo, sorgo, miscanto, girasol, soja, maíz, trigo, cebada, remolacha, etc.
	Leñosos	Sauces, eucaliptos, robinas, acacias, y especies forestales.
RESTOS Y RESIDUOS	Restos de cultivos agrícolas	Herbáceos: Paja, restos de cereales, restos de cultivos hortícolas. Leñosos: Poda o eliminación de plantaciones de frutales, olivo, cítricos, etc.
	Restos de operaciones silvícolas	Cortas finales, podas, claras, aperturas de vías y pistas forestales, limpieza de monte para prevenir incendios.
	Restos de las industrias agroalimentarias	Piel de frutos (cítricos), cáscaras (almendra, maní), aceituna, pulpas en industrias de zumo, etc.
	Restos de industrias forestales	Restos de aserrín, corteza, astillas polvo de lijado, corteza, ramas y recortes madereros.
	Restos de las explotaciones ganaderas	Purines, excretas de animales.



	Productos o restos marinos	Algas
	Actividades humanas	Residuos alimenticios, papel, otros residuos industriales.

Fuente: Adaptado de Martí, 2017.

Los tipos de cultivos energéticos tienen como finalidad producir biocombustibles sólidos y biocarburantes. Esta generación de biocombustibles son utilizados para producir calor y electricidad, se necesita volúmenes de biomasa lignocelulósica, como cultivos forestales y herbáceos (tabla 1) para generar energía. Por otra parte, para la obtención de biocarburantes y bioetanol se necesita grandes especies de oleaginosas (Zevallos, 2015).

#### **Determinación del potencial energético de la biomasa.**

Para poder establecer el potencial energético de la biomasa es necesario conocer sus características fisicoquímicas, en primera instancia se debe de identificar el contenido de biomasa seca y el contenido de humedad. Posterior a ello, incluye el análisis elemental del contenido de grasas y aceites, proteínas, densidad y finalmente el estudio de su estructura, para precisar cuál es el porcentaje de la lignina, celulosa y hemicelulosa (Nuñez, 2012).

En el siguiente análisis, es necesario conocer como está compuesta dicha materia orgánica. Generalmente el contenido de la biomasa obtenida en la agricultura está compuesta por un 50% de Carbono, 5.5% en hidrógeno, 40 % en Oxígeno, Nitrógeno

(valores menores al 1%) y cantidades insignificantes de azufre (Muñoz, Pantoja, & Cuatin, 2014). De igual forma, es importante incorporar un análisis del material volátil, carbono y cenizas, mediante la cuantificación, luego de ello examinar que tan provechoso puede resultar el residuo de la ceniza (Quintero, 2017).

Como se sabe, muchas de las comunidades de la Sierra Peruana generan grandes volúmenes de residuos orgánicos durante su siembra donde pueden ser aprovechados como un recurso energético, tal como menciona Estrada & Zapata (2014), que actualmente la biomasa contribuye a un 12 % de energía en el mundo. Y Si se requiere determinar cuánto de potencial energético produce dicha biomasa, es necesario evaluar mediante un modelo matemático, el cual relaciona la masa de los desechos secos ( $Mrs$ ) y los residuos por unidad de masa ( $E$ ). A continuación, se plantea el modelo matemático descrito en la investigación de Quintero, 2017:

$$PE = (Mrs) * (E)$$

Dónde:

$PE$  = Potencial Energético (TJ/Año)

$Mrs$  = Masa del residuo seco (ton/Año)

$E$  = Energía del residuo por unidad de masa (TJ/ton)

conocida como Poder Calorífico Inferior (PCI)

A partir de esta ecuación descrita se puede hallar el potencial energético de la biomasa residual generada en cualquier sector agrícola. Cabe mencionar, que esta biomasa constituye un valor importante, ya que pueden llegar a producir energía mediante

procesos de conversión energéticos. La forma de aprovechamiento de la biomasa residual principalmente va a depender a los tratamientos que se quieran hacer, por lo general para poder obtener energía calorífica se va a requerir una serie de procesos que van iniciar a partir de la producción de la biomasa hasta la obtención de la energía (Zevallos, 2015).

La biomasa puede ser aprovechado en tres distintas formas energéticas, ya sea para la obtención de Energía térmica, Energía eléctrica y la producción de biocarburantes; para ello es necesario realizar una serie de procesos bioquímicos y termoquímicos (García, Romero Sales , 2008).

Tal como se menciona para obtener energía (energía térmica, eléctrica, biocarburantes), es necesario conocer el poder calorífico de la biomasa, en donde va a depender según el tipo de residuo que es utilizado, por ejemplo, para los residuos ligno – celulósicos el contenido calorífico oscila entre los 3000 – 3500kcal/kg; para los residuos urbanos oscila entre los 2000 – 2500 Kcal/Kg y finalmente para los residuos provenientes de cultivos energéticos oscilan entre los 10000 Kcal/Kg. Estas propiedades que presentan los distintos tipos residuos, en conjunto con el reducido porcentaje de azufre que contiene la biomasa, la convierten en un lucro atractivamente peculiar para ser utilizado energéticamente (Zevallos, 2015).

### **Transformación de la biomasa como uso energético**

La utilización de la biomasa en los sectores agrícolas es una alternativa energéticamente sostenible, ya que mediante los procesos de conversión se pueden obtener productos

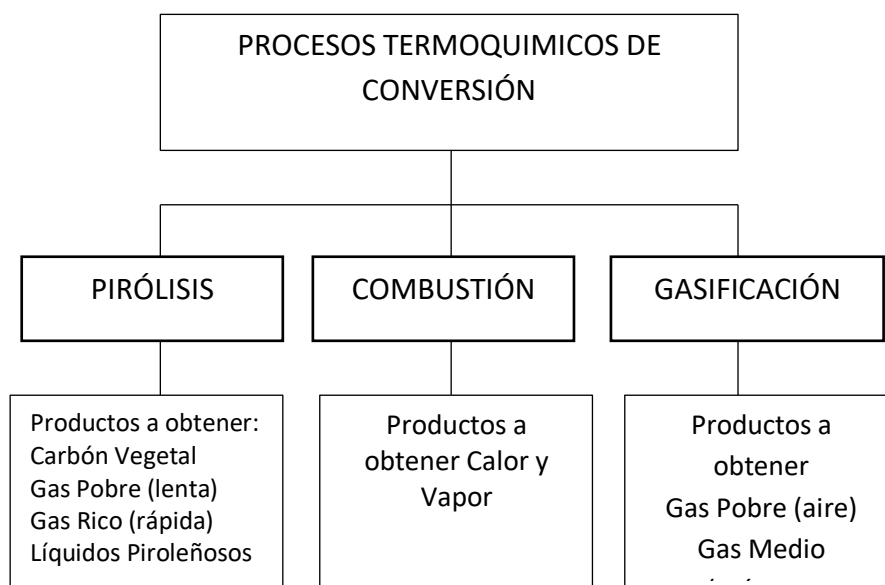
que pueden ser utilizados con diferentes fines energéticos (Zevallos, 2015). Para poder obtener algún bien energético, va a depender al tipo de residuo que se esté utilizando y a su característica que estas presenten. Es decir, si la biomasa obtenida en el sector agrícola representa un contenido de humedad mayor a 60 %, es denominada biomasa húmeda, donde los residuos obtenidos pueden ser tratados por medio de procesos físicos y bioquímicos, teniendo como resultado final combustibles gaseosos. Por otro lado, se denomina biomasa seca aquellos residuos obtenidos de forma natural en donde tienen un porcentaje de humedad menor al 60 %, y es empleado mediante procesos termoquímicos, que generan energía térmica (FAO, 2016).

Los principales residuos biomásicos que se producen en los cultivos Agrícolas son provenientes de la siembra de maíz, papa, cebada, trigo; donde generan restos de hojarasca secas que presentan un alto contenido calorífico, el cual puede ser aprovechado para generar algún tipo de energía (Electricidad, calefacción, generación de biogás). y de esa manera suplir algunas necesidades que carecen dichas poblaciones. Por eso, antes que la biomasa pueda ser utilizada con algún fin energético es necesario que pase por ciertos procesos termoquímicos.

La conversión termoquímica de la biomasa, hace referencia a la transformación de la materia orgánica seca acumulada en las cosechas, mediante el uso de la intercesión solar, dándole un valor calorífico superior, con la finalidad de obtener distintos productos líquidos, sólidos y gaseosos que son utilizados como energía eléctrica y calor. Dentro de la conversión termoquímica también se encuentra tres tipos de procesos

denominados pirolisis, combustión y gasificación, el cual va depender de la cantidad de oxígeno que contengan (Zevallos, 2015).

Esquema de los procesos termoquímicos de conversión



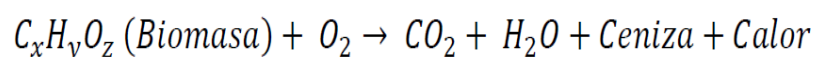
Fuente Adaptado de: Zevallos, 2015

El proceso de pirolisis viene ser la destrucción de la biomasa residual al entrar en contacto con la energía solar y en ausencia de oxígeno, donde posteriormente va a dar lugar a la producción de biocombustibles líquidos llamados bio-oil o bioaceite, combustibles gaseosos y un sólido carbonoso Char. Este proceso cuenta con tres clases de pirolisis donde se dan en duraciones lentas, rápidas o flash, la discrepancia que existen entre ellas son la rapidez del calentamiento y el periodo de permanencia de los gases (Fernández, 2017).

La pirolisis rápida se caracteriza por producir un compuesto líquido denominado bio-oil, el cual se da con un elevado calentamiento entre 10 y 200 °C/s, en un tiempo de residencia de 0,5 y 10 segundos. Este elemento bio-oil se identifica por ser un líquido de color marrón oscuro compuesto por un 45 a 50% de oxígeno y un 25% de agua; asimismo, la composición de este bio-oil va depender mucho del tipo de biomasa residual que se utilice y de las tecnologías que apliquen para adquirir algún tipo de combustible sólido (Carbón Vegetal), líquido (piroleñosos) y gaseoso (Romero, 2010).

Para el proceso de conversión termoquímica a combustión, se debe de tomar en cuenta la biomasa seleccionada, ya que esta no debe sobrepasar el contenido de humedad, pues en caso que esta sobrepase , la aportación de energía disminuiría y en consecuencia sería ineficiente para producir cualquier tipo de energía (García, Romero & Sales , 2008). El proceso de combustión , hace referencia a la oxidación de la materia orgánica por la presencia del oxígeno, convirtiéndola directamente para la utilización de energía térmica y eléctrica, así como también para usos industriales, domésticos como calefacción, generación de biogás, vapor y cocción de alimentos (Baculima & Rocano, 2015). Este proceso se puede manifestar mediante un esquema que menciona Fernandez (2017) en su investigación, donde muestra la siguiente reacción:

Fig1. Reacción del proceso de combustión



Fuente: López, 2017

Para el proceso de ignición de la materia orgánica es necesario que se encuentren a temperaturas mayores a 400°C y de esa manera obtener grandes cantidades de energía con un alto potencial calorífico.

También se tiene el proceso de gasificación que es la transformación termoquímica de la materia orgánica, el cual radica en la incompleta oxidación de la biomasa sometida a elevadas temperaturas con el fin de originar productos como el nitrógeno, monóxido de carbono, metano y dióxido de carbono, cuyo potencial calorífico es bajo (Romero,2010).

Estos compuestos originados son denominados gas de síntesis o syngas, donde pueden ser utilizados en calderas, energía eléctrica, mecánica como motores de combustión o turbina, también se puede emplear en productos químicos como el etanol, metanol y ácido acético (Balestra & Sellarés,2012). Esta mezcla de gases constituye un papel importante para la generación de energía, ya que cada compuesto cumple un rol diferente, por ejemplo en la utilización de gases como el hidrogeno y monóxido de carbono se puede obtener distintos productos de hidrocarburos que pueden sustituir a los carburantes (Romero, 2010).

Por otra parte, se tiene el proceso térmico de gasificación, el cual consta en la generación de gas producto de la descomposición de la materia orgánica seca, tales como las hojarascas, podas, restos agrícolas etc.; cuya finalidad es generar gas combustible que puede ser utilizado en las cocinas domésticas, en las turbinas que producen calor, etc. (Estrada & Zapata,2004).

### **Aplicaciones de la energía biomásica**

La mayoría de los pobladores Andinos se abastecen de la biomasa tradicional, utilizando la leña para cocinar y calentar, tal como nos menciona la FAO que el 90% de los pobladores utilizan este recurso como energía, ya que muchos de los pobladores no cuentan con servicios básicos como electricidad o gas. Sin embargo, existen distintas fuentes biomásicas provenientes de la agricultura que contiene un alto potencial energético y que son utilizadas para generar energía térmica, energía eléctrica y producción de combustibles.

El uso de las fuentes energéticas renovables provenientes de la biomasa residual agrícola ofrece grandes beneficios ambientales, particularmente la utilización de esta biomasa en comparación con las fuentes de energía convencionales es de gran provecho, ya que el uso adecuado de la biomasa es una alternativa que ofrece disminuir los costos de los insumos energéticos de los pobladores (Copena & Fernandez, 2014).

Estas fuentes biomásicas del sector agrícola contienen un alto potencial energético, el cual mediante procesos de conversión térmica pueden convertirse en distintas formas de energía. Por ejemplo, se puede obtener energía térmica mediante la ignición de la materia orgánica seca, el cual da como resultado que los gases obtenidos sean



transformados y utilizados para la cocción de los alimentos, generación de vapor para las industrias, producción de agua caliente y electricidad (Gonzales,2013).

La biomasa residual en la sierra peruana constituye un papel fundamental para la generación de energía, principalmente el aprovechamiento de esta biomasa sería de gran beneficio para las personas que no cuentan con electricidad o carecen de dinero para pagar sus insumos eléctricos; también podrían aprovechar la biomasa para generar biocombustibles y de esa manera sustituir los combustibles fósiles que contribuyen a la polución ambiental. Teniendo en cuenta, la situación en que se encuentran los pobladores, se requiere utilizar alternativas tecnológicas que sean viables y rentables, por ejemplo, una alternativa sería aprovechar la energía térmica obtenida de la biomasa residual como gasolina para las calderas de vapor, de esa manera producir electricidad (Arroyo,2016).

De la misma manera a partir de las fuentes energéticas renovables se puede aprovechar y producir los gases combustibles, que a partir del proceso de gasificación me puede generar biogás donde primordialmente será utilizado como combustible o para las cocinas domesticas (Gonzales, 2013).

## **CONCLUSIONES**

La biomasa residual generada por las actividades agrícolas en la Sierra Peruana es una de las principales fuentes renovables con gran potencial energético que puede sustituir

o reducir al uso de los combustibles fósiles, que de manera directa han generado impactos al medio ambiente contribuyendo al calentamiento global y a la aceleración del cambio climático. Existen distintas fuentes biomásicas que cumplen con un rol específico para la generación de energía, esto principalmente se debe al potencial energético que presenta.

El sistema energético basado en fuentes renovables ofrece grandes beneficios a los pobladores que carecen de algún uso energético; es por eso que se evidencia la importancia que posee el potencial energético de la materia orgánica para ser utilizados en diferentes formas de energía; mediante distintos procesos de conversión, pueden transformarse y convertirse en energía térmica, eléctrica o la producción de gases combustibles.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Arroyo, J. (2016). Aprovechamiento del recurso biomasa a partir de los desechos de madera para una caldera de vapor. *Revista de Ciencia y Tecnología*, núm. 16.
- Baculima , M. & Rocano,C. (2015). *Estudio para la determinación de la producción de energía eléctrica a partir del aprovechamiento del biogás de una granja porcina ubicada en la ciudad de Azogues*. 107. Retrieved from <http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7907/1/UPS-CT004750.pdf>
- Balestra,S. &Sellarés,A.(2012). *Utilización de la biomasa para la generación de energía eléctrica en corrientes*.(Tesis de Grado)Universidad Privada,Buenos Aires.
- Berndes, G., Hoogwijk, M. & van den Broek, R. (2007). Potential Contribution of Bioenergy to the World's Future Energy Demand. *The Contribution of Biomass in the Future Global Energy Supply: A Review of 17 Studies*, 25(1), 335–367. Retrieved from <http://www.idahoforests.org/img/pdf/PotentialContribution.pdf>
- Copena , D., & Fernández, X. (2014). La producción de energía eléctrica a partir de la biomasa forestal primaria: análisis del caso gallego. *Revista Galega de Economía*, 23 (2), 91-111.
- Escares, M. (2014). *Estudio de factibilidad para el diseño e implementación de biomasa forestal como medio de calefacción y ACS en viviendas sociales*. (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile.
- Estrada, C., & Zapata, A. (2004). Gasificación de biomasa para producción de

combustibles de bajo poder calorífico y su utilización en generación de potencia y calor. *Scientia Et Technica*, X (25), 155-159.

FAO. (2016). *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa Metodología WISDOM*.

Fernandez, M. (2017}. *Valoración de biomasa residual de origen animal mediante procesos termoquímicos*. {Grado de Doctor}.Universidad de Castilla La Mancha.

García, J. Romero , L., Sales. D. (2008). *Valorización energética de la biomasa: aplicación en industrias del sector agroalimentario*. 5, 31–51.

García , H. (2013). Matriz Energética En El Perú Y Energías Renovables Viii. Barreras Para El Desarrollo De La Bioenergía. *Friedrich Ebert Stiftung*, 57. Retrieved from <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/peru/10183.pdf>

Gonzales, P.(2013).*Energías renovables no convencionales para uso domiciliario*. Universidad de Chile,Santiago.

Herguedas, A., Taranco, C., Rodríguez, E., & Paniagua, prado. (2012). Biomasa, Biocombustibles Y Sostenibilidad. *Transbioma*, 13(2), 105–109.

Manrique, S., Franco, J., Núñez, V., & Seghezzo, L. (2008). Potencial energético de biomasa residual de tabaco y ají en el municipio de coronel moldes (salta – argentina). *Averma*, 12, 87–94.

Martí, B. V. (2017). Aprovechamiento de la biomasa para uso energético.*Textos académicos universitarios*.Ed.Reverté S.A.España.

Muñoz, D., Pantoja, A., & Cuatin, M. (2014). Aprovechamiento de residuos

agroindustriales como combustible y biorefinería. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 10–19.

Núñez , D. (2012). Uso de residuos agrícolas para la producción de biocombustibles en el departamento del Meta. *Tecnura*, 16 (34), 142-156.

Quintero,L.(2017). *Evaluación de potencial energético de los residuos sólidos agroindustriales del proceso de extracción de aceite de palma africana como alternativa energética para el reemplazo de la leña en la zona norte del departamento del Cesar.*(Grado de Maestría).Universidad de Manizales,Colombia.

Romero, A. (2010). Aprovechamiento De La Biomasa Como Fuente De Energía Alternativa a Los Combustibles Fósiles. *Cienc.Exact.Fís.Nat. (Esp)*, 104(2), 331–345.  
Retrieved from <http://www.rac.es/ficheros/doc/00979.pdf>

Zevallos, S.(2015). *Determinación del potencial energético de la biomasa residual obtenida de la extracción del caeite de palma, en las provincias de coronel y portillo y padre , Región Ucayali.*