

# Caracterización química de tres residuos lignocelulósicos generados en la región del Cantón Alausí

## Chemical characterization of three lignocellulosic residues generated in the Canton Alausi region

Iván Ramos Sevilla

Recibido: Agosto 2015 - Aprobado: Diciembre 2015

### RESUMEN

El objetivo fue caracterizar o determinar la composición química de tres tipos residuos lignocelulósicos que se generan en la región del Cantón Alausí sector Sinancumbe: Vaina de arveja, paja de trigo y bagazo de maíz. Para la determinación de la composición química se aplicó el método de Weende que comprende el análisis de las fracciones de: humedad, proteína bruta, fibra cruda, extracto etéreo, cenizas y extracto libre de nitrógeno (ELN).y para la determinación de lignina, celulosa y hemicelulosa el método de klason y celulosa Kurschner y Hoffer.

El aprovechamiento de residuos generados en procesos agroindustriales, es de interés en el ámbito mundial. En la actualidad se investiga en biomasa lignocelulósica para obtener energía, combustibles, biomateriales, productos químicos y la obtención de proteína no convencional, mediante tecnologías limpias y sistemas cerrados que permitan conservar el medio ambiente. En los residuos se determinaron por triplicado la composición química y las propiedades morfológicas. En base a los resultados obtenidos estos residuos presentan características químicas adecuadas para ser utilizados como sustratos adecuados para el cultivo de hongos comestibles, por la presencia y concentración de los biopolímeros lignocelulósicos, con 14.4% de lignina, Celulosa 38.7% y 30.0% de Hemicelulosa en la paja de trigo, con 13.1% de lignina, Celulosa 44.9 % y 28.4% de Hemicelulosa en la vaina de arveja y con 10.1% de lignina, Celulosa 28.3% y 25.0 % de Hemicelulosa en el bagazo de maíz, los cuales pueden ser hidrolizados por la acción del sistema multienzimático presente en los hongos lignocelulolíticos.

**Palabras clave:** Caracterización química. Residuos agroindustriales; residuos lignocelulósicos; hongos lignocelulolíticos.

### ABSTRACT

The objective was to characterize and determine the chemical composition of three types lignocellulosic waste generated in the region of the canton Alausí Sinancumbe sector pod vetch, wheat straw and bagasse corn. For determining the chemical composition Weende method comprising analyzing the fractions applied moisture, crude protein, crude fiber, crude fat, ash and nitrogen-free extract (ELN) .and for determining lignin cellulose and hemicelulosa Klason method and cellulose Kurschner and Hoffer. The use of agro-industrial waste generated in processes is of interest worldwide. Today is investigated in lignocellulosic for energy, fuels, bio-chemicals and obtaining unconventional protein, using clean technologies and closed systems that conserve the environment biomass.

Residues in triplicate were determined chemical composition and morphological properties. Based on these residues results have suitable for use as suitable substrates for the cultivation of edible fungi, the presence and concentration of lignocellulosic biopolymers, 14.4% lignin, cellulose 38.7% 30.0% hemicellulose and chemical characteristics in wheat straw, with 13.1% lignin, cellulose 44.9% 28.4% hemicellulose and in the pea pod and 10.1% lignin, cellulose and 28.3% hemicellulose 25.0% corn bagasse, which can be hydrolyzed by the action of this multienzyme system in lignocelulolitic fungi.

**Keywords:** Chemical characterization. Agroindustrial wastes; lignocellulosic residues; fungi lignocelulolitic.

## I. INTRODUCCIÓN

América Latina, al igual que otras regiones en desarrollo actualmente están frente al desafío de suplir muchas necesidades de la población, que incluyen aspectos alimentarios, la demanda de empleo y fundamentalmente la protección del ambiente. En estos países así como el nuestro la agricultura, al igual que la agroindustria representan dos de los sectores de mayor tamaño e importancia económica, siendo al mismo tiempo los sectores que causan un alto grado de contaminación y de utilización de los recursos naturales (Alcalá et al, 2003).

La tendencia mundial es aumentar la actividad productiva para satisfacer las diferentes demandas del hombre y esta acción trae como consecuencia la generación de una gran cantidad de residuos. (Saucedo, 2010)

La recolección, almacenamiento y transformación de las materias primas agrícolas para su utilización intermedia o final constituye la columna vertebral de la agroindustria en términos más amplios.

Se ha estimado que la producción agrícola en América Latina genera grandes cantidades de residuos sólidos, los cuales en el mejor de los casos son utilizados parcialmente en la actualidad, por ejemplo en la alimentación animal y como combustible. Sin embargo la mayor parte de estos residuos permanecen aún sin darles una adecuada utilización.

Valdez-Vázquez et al. (2010), publicaron datos oficiales del 2006 que establecen que en México se produjeron 75.73 millones de toneladas de materia seca proveniente de 20 cultivos, de los cuales 60.13 millones de toneladas corresponden a residuos primarios, obtenidos al momento de la cosecha, entre los que están: hojas y tallos del maíz, tallos y vaina de sorgo, puntas y hojas de caña de azúcar, paja de trigo, paja de cebada y de frijol, así como cáscara de algodón. El resto, 15.60 millones de toneladas corresponden a residuos secundarios obtenidos del procesamiento post-cosecha, entre los que están: bagazo de caña de azúcar, mazorcas y olotes, bagazo de maguey o agave, así como pulpa de café.

El termino residuo se refiere a aquellos materiales remanentes o sobrantes generados por las actividades humanas, los cuales debido a sus características físicas, químicas y biológicas pueden ser utilizados en otros procesos. (Asamblea Nacional, 2010)

A nivel mundial, el manejo inadecuado de los residuos agroindustriales ha ocasionado impactos ambientales negativos. (Puerta, 2007). Entre los diferentes enfoques que existen para definir a la agroindustria, uno de ellos menciona que es una actividad que integra tanto la producción primaria agrícola, pecuaria y forestal esto es, el proceso de obtención o transformación, así como de comercialización del producto, es decir se establece una sinergia entre un proceso productivo agrícola con un proceso industrial para generar alimentos u otras materias primas no procesadas las mismas que son posteriormente utilizadas en el mercado. En otro sentido a la agroindustria se describe como un proceso que se dedica a producir y/o transformar, almacenar y comercializar los productos que se generan por la actividad del campo.

De la actividad agroindustrial se generan residuos que pueden ser sólidos o líquidos, a causa del consumo directo de los productos primarios o de su industrialización los cuales no son de utilidad para el proceso en sí, pero que pueden ser susceptibles de someterlos a un proceso de aprovechamiento o transformación química, física o biológica, con el propósito de obtener otros productos con valor económico y social.

En el ámbito regional, el manejo y la disposición final de estos residuos representa un problema ambiental de primer orden, que ocasiona consecuencias en varios sectores como: un impacto en los cauces de las aguas superficiales, la contaminación del suelo y aguas subterráneas, la contaminación de grupos de personas y la contaminación atmosférica cuando estos son sometidos a un proceso de quema. (Guevara, 2000).

Ante esta situación existe un interés y a la vez una preocupación de toda la sociedad actual por tratar de cuidar y conservar el ambiente, amerita la necesidad de establecer procedimientos que estén orientados hacia un adecuado manejo de los residuos agroindustriales, mediante en desarrollo de tecnologías ambientalmente sustentables que minimicen los efectos nocivos al equilibrio ambiental. y que además contribuya al bienestar de sus pobladores. (Fierro et. al, 2010).

Cabe destacar que la elección de un residuo para realizar un proceso de transformación biotecnológica, no debe estar determinado o influenciado por la cantidad del mismo, sino más bien se debe tomar en cuenta sus características (Boixadera, 2000).

En general, las características de los residuos agroindustriales son muy variadas, dependen de la materia prima y del proceso que los generó, no obstante, comparten una característica principal que es el contenido de materia orgánica, constituida por diferentes porcentajes de celulosa, lignina, hemicelulosa y pectina. Por ser la materia orgánica su principal componente, en la práctica se les denomina «residuos orgánicos», dentro de este rubro se incluyen otros residuos, como los lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales, la hojarasca de parques y jardines, así como los residuos domésticos y residuos sólidos municipales (Saval 2012)

Cabe mencionar la necesidad de establecer ciertos criterios de selección de los residuos cuando se desea utilizarlos con fines de aprovechamiento como son; disponibilidad, cantidad, que contengan los nutrientes adecuados para ser objeto de fermentación, que sean fáciles de obtener, que puedan ser utilizarlos sin un pre tratamiento y que no se descompongan fácilmente entre otros.

En tal virtud de lo señalado, cuando se busca una alternativa de aprovechamiento de los residuos agrícolas, es indispensable realizar estudios de su caracterización química, con la finalidad de conocer su composición, la calidad de constituyentes. y la cantidad que se genera, con lo cual se pueden hacer proyecciones necesarias para la planificación de un sistema biotecnológico más adecuado para su aprovechamiento en una región determinada (Runfolá et al, 2009), así como también, para implementar

las mejoras en los diseños de los sistemas de gestión y tratamiento de los residuos (Cantanhede et al, 2005), y es de esperarse que gracias al proceso desarrollado se genere otro residuo más agotado, el mismo que puede tener otra aplicación, particular que se debe tener en cuenta desde un enfoque de la responsabilidad ambiental, dentro del marco global del desarrollo sustentable.

Es de interés conocer la composición del residuo para la adecuada selección de la tecnología y el aprovechamiento. Por lo tanto la característica típica de cada material lignocelulósico, indica cual debe ser la aplicación más adecuada ya sea como textiles, empaques, extracción de esteroides, pulpa de papel, material de construcción, abonos y alimentos

La región del cantón Alausi, tiene como principal actividad comercial la agroindustria, consecuencia de esta, existe una generación de residuos los mismo que para el año 2013 se estimaron entre 30 y 35 mil toneladas, esto debido a su población, su comercio, sus zonas verdes y sus suelos fértiles y propicios para el cultivo (Hernández, 2008; PASSE, 2011), el destino de estos residuos en la actualidad es inadecuado. Los problemas agrícolas están relacionados con los aspectos de la educación, salud, nutrición, ecológicas, consumismo y demás los mismos que afectan a la calidad de vida de la población. (Caballero & Montes et al, 1994)

En la presente investigación se realizó la caracterización química de los residuos lignocelulósicos que se generan en la región del cantón Alausi, con la finalidad de recomendar cual proceso de transformación o de minimización que se lo puede realizar en base a sus constituyentes químicos.

## II. METODOLOGÍA

### 2.1. Localización y residuos utilizados

Los residuos lignocelulósicos utilizados en la presente investigación fueron adquiridos en el lugar donde se generan, como causa del procesamiento agroindustrial, en la región del cantón Alausi sector de Sinancumbe, que geográficamente está ubicada a Latitud 78° 55' - 79° 56' E-O y Longitud 1° 60' - 2° 4' S-N y a una altitud de 2374 m.s.n.m. El Área de Sembrío es de 944, 328 Km<sup>2</sup>.

Los residuos a ser evaluados en esta investigación están representados por la vaina de arveja, la paja de trigo y el bagazo de maíz, en consideración de que la producción de estas gramíneas en la zona de influencia cubre un 90% del espacio destinado para la actividad agrícola, en consecuencia son los residuos que se generan en mayor cantidad.

### 2.2. Acondicionamiento de las Muestras

Las muestras se secaron a una temperatura de 60 a 70 °C durante 48 horas. Luego fueron molidas en un molino de martillo, embolsadas y etiquetadas, para su análisis en el laboratorio del Centro de Servicios tecnológicos y de Transferencia Ambiental de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

## 2.3. Variables Medidas

### 2.3.1. Composición Química

Para determinar la composición química de los insumos, se realizó el análisis mediante el método de Weende (Muñoz & Mendoza, 1990), en el cual se evalúan los siguientes componentes:

- Humedad. Se determinó por el método de secado en una estufa al vacío a 105 °C por 24 horas.
- Proteína Cruda. Se midió por el método de micro kjeldhal, que comprende tres fases: digestión, destilación y titulación.
- Extracto Etéreo. Se determinó por el método de extracción por hexano o método Soxhlet.
- Fibra Cruda. Se obtuvo eliminando los carbohidratos solubles por hidrólisis a compuestos más simples (azúcares), mediante la acción de los ácidos y álcalis débiles en caliente.
- Ceniza. Se determinó eliminando la materia orgánica por calcinación a 600 °C.
- Extracto Libre de nitrógeno. Se obtuvo por diferencia, al restar 100 menos los resultados de proteína, extracto etéreo, fibra y ceniza.
- Lignina y celulosa. Se determinaron por el método de klason y Kurschner y Hoffer respectivamente. Una vez eliminados los materiales solubles en los sustratos sólidos, se determinó el contenido de lignina. Las muestras fueron tratadas inicialmente con ácido sulfúrico frío al 72%, se deja por tres horas y posteriormente con una solución de éste mismo ácido al 3% (v/v) por cuatro horas, el ácido se lava con agua caliente y se seca a 80 °C por un día, hasta la sedimentación de la lignina para su respectiva cuantificación. Con esto se logra degradar parte del complejo hemicelulosa-lignina.

Para la determinación del contenido de celulosa (método de Kurschner & Hoffer), una vez eliminados los materiales solubles en los sustratos sólidos y conociendo el contenido de humedad, se sometieron las muestras de residuos procesadas a baño maría y con reflujo en una mezcla de acetilacetona, ácido clorhídrico y dioxano por media hora. El material resultante se lava posteriormente con agua destilada.

La concentración de la hemicelulosa se calcula por diferencia de las dos sustancias poliméricas.

### 2.3.2. Análisis estadístico

Se aplicó un análisis estadístico de varianza a las variables evaluadas, con la finalidad de determinar diferencias significativas entre los residuos.



**Figura N° 1:** Vista panorámica del cantón Alausí y de los residuos que se genera de la actividad agrícola.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos obtenidos del análisis proximal de los residuos se expresan en la Tabla N° 1. Analizando los mismos se puede establecer que estos valores están en concordancia con los análisis reportados por García et al, 2001. Del análisis estadístico se determina que no hay diferencias significativas entre los diferentes residuos. Se realizó la determinación de lignina (LDA), celulosa y hemicelulosa (FDA), de los residuales utilizados. Los resultados se reportan en la Tabla N° 2.

**Tabla N° 1.** Composición química de los residuos lignocelulósicos

Parámetro %	Paja de trigo	Vaina de arveja	Bagazo de maíz
Humedad	8.4	7.3	9.7
Materia seca	93.6	93.7	94.6
Extracto etéreo	1.4	0.9	1.8
Fibra cruda	38.2	35.3	40.2
Proteína cruda	7.6	3.6	8.0
Extracto libre de nitrógeno	35.4	45.2	36.7
Cenizas	1.6	5.9	8.1

**Tabla N° 2:** Determinación de Lignina, celulosa y hemicelulosa en los residuos lignocelulósicos

Parámetro %	Paja de trigo	Vaina de arveja	Bagazo de maíz
Lignina	12.4	15.1	10.1
Celulosa	38.7	44.9	28.3
Hemicelulosa	30.0	28.4	25.0

De la tabla 2 se observa que el residuo vaina de arveja presenta el mayor contenido de celulosa y lignina que corresponde al 44.9% y 15.1% respectivamente, valores que permite establecer que este residual se constituye en una mayor fuente de carbono con relación a los otros sustratos. En cuanto al contenido de hemicelulosa, se establece que la paja de trigo tiene el valor más alto con respecto a los otros residuales, siendo este 30.0 %, la diferencia de los datos puede deberse al origen de los vegetales y a las influencias climáticas de la zona. No obstante estos valores se encuentran dentro de los rangos reportados por García et al, 2001 y Hernández 2009.

Sin embargo del análisis realizado se puede establecer que los sustratos paja de trigo, vaina de arveja y bagazo de maíz constituyen una fuente adecuada de nutrientes para el crecimiento de hongos, que poseen un sistema enzimático lignolítico que puede desdoblar estas moléculas y utilizarlas como nutrientes, esto concuerda con experiencias realizadas por Mendoza 1993 y otras experiencia de Bermúdez et al, 2006.

La concentración de lignina en los residuales representa un limitante para el crecimiento del hongos, y en base a esa consideración se establece que en estos residuales por la baja concentración constituyen un buen sustrato para ser utilizados como sustrato para el cultivo de hongos comestibles.

Por las propiedades bromatológicas y poliméricas que presentan estos residuos lignocelulósicos, es posible

considerar utilizarlos como sustrato para el crecimiento de hongos Hernández C. & López, C (2009),

### IV. CONCLUSIONES

Estos residuos provenientes de diferentes actividades agroindustriales que han sido evaluados presentan un contenido de importantes biomoléculas primarias y secundarias como la celulosa, hemicelulosa y lignina, que están dentro de los valores expresados en la literatura por otros autores, para residuos lignocelulósicos, por lo que pueden ser considerados como sustratos ideales para la producción de hongos comestibles y de esta manera contribuir a minimizar el efecto de contaminación ambiental que estos provocan al no tener un destino final.

Todos los constituyentes de los residuos agroindustriales del estudio cumplen con los rangos de la biomasa residual del sector agrícola en el ámbito mundial y nacional. Los valores de los constituyentes de la biomasa le otorgan características apropiadas para la producción de hongos comestibles en forma controlada.

Del análisis comparativo del estudio se concluye que los residuos del Cantón Alausi tienen propiedades químicas muy similares a las biomásas lignocelulósicas reportadas por la literatura, en consecuencia permiten predecir mejores beneficios en el aprovechamiento como sustrato en producción de hongos.

### V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcalá, I. & Duran, C. (2003). Biodegradación de residuos urbanos lignocelulósicos por *Pleurotus*. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. Vol 19 N° 001, 37-45.
- Asamblea Nacional (2010). Ley de Gestión Integral de la Basura. Gaceta Oficial N° 6.017 Extraordinario del 30 de diciembre de 2010.
- Bermúdez, R. C., García, N., Gross, P., Hernández, M. (2006). Cultivo de cepas de *Pleurotus* sp., sobre pulpa de café. Revista mexicana de micología N° 23, 99.101.
- Boixadera, J. (2000). Aplicación del compost en agricultura. Estimación de las cualidades a aplicar. Biomelá. 15.
- Caballero, Alejandra & Montes, R. Joel (Compiladores) (1994). Agricultura sostenible. Un acercamiento a la permacultura. Universidad Autónoma de Tlaxcala. México. 234.
- Cantanhede, A., Sandoval, L., Mongue, G. & Caycho, C. (2005). Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos. Hojas de Divulgación técnica. HDT n° 97. Organización Panamericana de la Salud. OPS/CEPIS, 1-8.
- Fierro, A., Armijo De Vega, C., Buenrostro, O., Valdez, B. (2010). Análisis de la generación de residuos sólidos supermercados de la ciudad de Méxicali. México. Rev. Int. Contam. Ambient, vol. 26 N° 4, 291-297.
- García, O., G. Alcántar, Cabrera, F. & Volke, V. (2001). Evaluación de sustratos para la producción de *Epiremnum aureum* y *Sphathiiphyllum wallislii* cultivadas en macetas. Terra 19, 249-258.

9. Guevara, E. (2000). Diagnóstico de la Situación Ambiental y Ecológica del Estado Carabobo. Revista Ingeniería UC: Vol. 7. N<sup>o</sup> 01.
10. Hernández, E, Humberto, et al.(2008) ATLAS del potencial energético de la biomasa residual en Colombia [En línea]. Bogotá D.F. Ministerio de Minas y Energía, 109.
11. Hernández, C. & López, C. (2009). Evaluación del crecimiento y producción del *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Santafé de Bogotá: Universidad Pontificia Javeriana, 110- 117.
12. Mendoza, M.(1993). Producción de *Pleurotus ostreatus* en diferentes sustratos. Rastrojo y olotes de maíz, papel y viruta. II Congreso nacional de Biotecnología Agropecuaria y Forestal. Aguascalientes. Mexico.
13. Muñoz, A.M. & Mendoza, M.E. (1990). Manual de prácticas de nutrición I. Lima (Perú): Universidad Nacional Agraria La Molina. Departamento de Nutrición. 34 .
14. PASSE (2011). Estudio de línea base para el Programa de Apoyo al Sector Salud en el Ecuador
15. Puerta, S. (2007). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. Revista tasalista de investigación, vol 1 N<sup>o</sup> 1, 56-65.
16. Runfola, J. & Gallardo, A. (2009). Análisis comparativo de los diferentes métodos de caracterización de residuos urbanos para su recolección selectiva en comunidades urbanas. II Simposio I Iberoamericano de Ingeniería de Residuos Barranquilla, 24 y 25 de septiembre de 2009.
17. Saucedo, G. (2010). La oportunidad de la Biotecnología y la Bioingeniería frente a los residuos de las grandes ciudades. *BioTecnología* 14(2). 4-5.
18. Saval, S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro”. 2012 Revista de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería, A.C. 16 (2): 14–46.
19. Valdez-Vázquez, I., Acevedo-Benítez, J.A. & Hernández-Santiago, C. (2010). Distribution and potential of bioenergy resources from agricultural activities in Mexico. *Renew. Sust. Energy Rev.* 14: 2147-2153.