

RESUMEN

La biomasa, es una fuente energética renovable integrada por una variedad relativamente amplia de recursos. La forma de aprovechar la biomasa depende de los diferentes tratamientos que se le puede dar a la misma. La producción de biocombustibles tales como el etanol y el biodiesel a partir de biomasa tiene el potencial de sustituir cantidades significativas de combustibles fósiles en varias aplicaciones energéticas.

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo la obtención de bioetanol a partir de residuos orgánicos vegetales generados en el comedor universitario de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. La acumulación de estos residuos principalmente generados por el desarrollo de las actividades humanas, ofrece una amenaza al ambiente y una oportunidad biotecnológica al aprovechar los tres componentes que conforman los residuos vegetales: celulosa, hemicelulosa y lignina (biomasa), como fuente de carbono en la obtención de azúcares simples que pueden quedar a disposición de microorganismos fermentativos.

El proceso para la producción de bioetanol presenta diversas alternativas tecnológicas. Sin embargo es posible estudiarlo analizando el proceso desde tres etapas principales las cuales pueden ser estudiadas de manera independiente. Las etapas son:

- Pretratamiento de la biomasa.
- Hidrolisis ácida de la celulosa para la formación de azúcares simples.
- Fermentación de azúcares para la obtención de alcohol.

Del pre-tratamiento realizado a los residuos se pudo observar que de una gran cantidad de materia prima destinada al proceso se obtuvieron pequeñas cantidades de materia pre-tratada para la hidrolisis. Sin embargo el pre-tratamiento establecido fue favorable ya que se obtuvo buenos resultados de azúcares totales antes de realizar la hidrolisis ácida.

Los azúcares obtenidos de la hidrolisis ácida varían de entre 7,3 a 13,7 °Brix, siendo los mejores resultados de 12,2 °Brix, obtenidos a partir de restos de Frutas/Verduras/Hortalizas y 13,7 °Brix, obtenidos de restos de Hortalizas, los que

alcanzaron mejores rendimientos, los cuales fueron los seleccionados para la etapa de Fermentación Alcohólica.

Los vinos obtenidos después de la fermentación alcohólica presentaron concentraciones de entre 4 y 6°GL, siendo las de mayor concentración las de 6°GL, obtenidos de los residuos de Hortalizas.

En cuanto a rendimientos obtenidos, en la etapa de hidrolisis acida en la conversión de celulosa a glucosa se alcanzó un máximo rendimiento de 45,985 % y en la fermentación alcohólica en la conversión de glucosa en alcohol fue de un 61,785 % el mejor rendimiento. Estos rendimientos se obtuvieron a partir de los residuos de Hortalizas.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La constante búsqueda de alcanzar mejoras en las condiciones de vida del hombre, ha dado lugar a un mayor nivel de desarrollo caracterizado por un notable y constante avance tecnológico, lo que ha traído consigo un grave impacto en el entorno desde el momento mismo que el hombre apareció en escena; pero dicho impacto debe ser asimilable por el medio en tal manera que permita que el medio se restablezca. Es por tanto la misma tecnología la ruta que se debe seguir para conseguir un modelo de desarrollo compatible con el entorno, sin que ello implique una paralización en la actividad productiva humana, contemplando el alcance de mayores niveles de bienestar con impactos cada vez menores en el ambiente.

Adema, uno de los grandes problemas de la sociedad actual es el grave deterioro del planeta, la sobreexplotación de los recursos naturales y la generación de residuos crecen de manera alarmante y la naturaleza pierde cada vez más la capacidad de recuperarse.

La generación de residuos sólidos orgánicos en América Latina varía entre el 30% y 60%, pudiendo ser utilizados mediante un proceso técnico de transformación para la obtención de diferentes productos, entre ellos la obtención de bioetanol.

Las grandes ciudades de la región y del país generan cantidades cada vez mayores de residuos y frecuentemente su disposición final se realiza en botaderos a cielo abierto o fuentes de agua, constituyendo de esa manera un grave problema para la salud pública y ambiental. Los elevados volúmenes de residuos generados suponen importantes costos de recolección y disposición final.

“En la actualidad Bolivia genera 3500 ton de Residuos sólidos por día, de los cuales solamente el 3% se da una adecuada disposición final, los demás están en diferentes botaderos a cielo abierto, otros están al borde de los ríos, algunos en terrenos agrícolas, en terrenos baldíos y otros están amontonados convirtiéndose en alimento para animales, principalmente perros, situación que atenta a la salud” según el Director Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Rubén Méndez. Otros indicadores señalan que casi el 55% de los

desechos que se generan habitualmente en el país son orgánicos, siendo los que más contaminan, debido a que se descomponen y generan líquidos que llegan a dañar la tierra, además de contaminar a vertientes de consumo humano.

El funcionario explicó además que todo desperdicio tiene una característica y genera, a la vez, cierto daño al ecosistema. *“De la cantidad que más se tiene, aproximadamente son los residuos orgánicos que están con un 55%, entonces es más de la mitad y justamente son los que más contaminan el medio ambiente, por eso es necesario tratar con más racionalidad estos desechos, cada día crece la población y cada día se incrementa la basura, es necesario nuevas formas de almacenar, nuevas políticas y disposiciones que permitan evitar que la se dañe al medio ambiente y a la población”*(GAIA Noticias, 2011).

A nivel regional, *“La cantidad de basura que genera la ciudad de Tarija llegó a 145 toneladas por día hasta abril del presente año, debido al alto consumo de productos que la población realiza a diario”*, según Rolando Ruiz, encargado de la Empresa Municipal de Aseo de (EMAT, 2012).

Tarija en el año 1998 generaba 40 toneladas de basura y a la fecha el número se triplicó por la generación de más producto inorgánico y orgánico que contribuye a generar más desechos, sumado a ello la cantidad de población con la que cuenta la ciudad.

Existe mucha desinformación y falta de participación entre la población y autoridades municipales para la implementación de sistemas de reciclaje y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos como los residuos vegetales. Por esto es imprescindible fomentar la educación ambiental y la participación ciudadana, para desarrollar tecnologías apropiadas e incentivar el tratamiento y aprovechamiento de estos residuos. Para solucionar por lo menos temporalmente este grave problema, es necesario llevar a cabo estas acciones y utilizar estos residuos para la obtención de productos de interés comercial, como ser la producción de biocombustibles y concretamente, hoy en día la más viable, es la producción de bioetanol.

Tabla 1. Demanda Potencial de los Principales Países Consumidores

(En billones de litros)

PAÍSES	MEZCLA	DEMANDA
Estados Unidos de América	E5	28,4
Unión Europea	E5	9,3
China	E10	7,0
Australia	E10	2,1
Japón	E3	1,8
Tailandia	E9	1,5
India	E10	1,1
Filipinas	E10	0,4
TOTAL		51,6

Fuente: Biocombustibles Sostenibles en Bolivia, 2008

El bioetanol es uno de los más importantes combustibles renovables que contribuye a la reducción del impacto ambiental negativo generado a través de la utilización mundial del petróleo como combustible. Aunque la producción de etanol se lleva a cabo por un proceso complicado, la transformación de recursos biológicos como los cultivos energéticos (caña de azúcar, maíz y otros) o el material lignocelulósico, requiere el acondicionamiento o pre-tratamiento de la materia prima para su conversión a etanol con el uso de los microorganismos fermentativos.

En la actualidad las investigaciones se dirigen más a determinar nuevos procesos y nuevas fuentes para obtener bioetanol; estas investigaciones han tenido un auge muy grande en los Estados Unidos de América, pues para este país la obtención de bioetanol tiene mucha importancia como combustible. En Sudamérica, el país que más se ha empeñado en las investigaciones respecto a la obtención de bioetanol es Brasil, país que en la actualidad se encuentra produciendo billones de litros de bioetanol al año.

Pero dicha producción utiliza como materias primas dos productos agrícolas: el maíz y la caña de azúcar, que son de enorme importancia en la alimentación humana por lo que estos países son sujetos de fuertes críticas por parte de la comunidad internacional.

Tabla 2. Bioetanol: Mayores Productores Mundiales (en billones de litros)

PAISES	2005	2006
Estados Unidos de América	15	18,30
Brasil	15	17,5
Suecia	0,2	0,14
China	1,0	1,0
Alemania	0,2.	0,50
Francia	0,15	0,25
España	0,3	0,40
Polonia	0,05	0,12
Colombia	0,2	0,20
Canadá	0,2	0,20
TOTAL UNION EUROPEA	0,9	1,60
TOTAL MUNDIAL	33	39

Fuente: Biocombustibles Sostenibles en Bolivia, 2008

En el país las investigaciones sobre la producción de alcohol, se refieren principalmente a la obtención de etanol como: alcohol desnaturalizado, sin desnaturalizar, alcohol rectificado, como bebida alcohólica y no como fuente de energía, el cual puede ser obtenido de una fuente constante de residuos orgánicos, mismos que se encuentran en cantidades considerables en los domicilios, mercados, restaurantes, parques y cualquier lugar donde se generen residuos sólidos orgánicos.

En Bolivia la materia prima para la elaboración de estos alcoholes es la caña de azúcar de la cual se extrae como producto principal el azúcar consumido en el mercado interno; estos alcoholes, por tanto, son el resultado del procesamiento de los jugos y melazas resultantes del proceso azucarero.

En la actualidad los avances de carácter experimental para la obtención de bioetanol, se están dando a partir de material celulósico y lignocelulósico. Algunos científicos estiman que en pocos años, todo el material verde de los campos así como los desechos agrícolas y la materia orgánica de la basura, se transformara en bioetanol, por un proceso llamado hidrólisis de la celulosa, enzimática y acida.

Las materias primas con alto contenido de celulosa son las fuentes más abundantes de biomasa a nivel global, y su uso ha tenido un creciente interés global. Sin embargo, la compleja composición química de estas fuentes ha planteado retos tecnológicos que aún no han podido ser satisfactoriamente superados.

Objetivos

Objetivo General

- Obtener Bioetanol a partir de residuos sólidos vegetales generados en el Comedor Universitario de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Objetivos Específicos

- Clasificar y cuantificar los residuos sólidos generados en el comedor universitario de la U.A.J.M.S. según la Norma Boliviana de Residuos Sólidos.
- Realizar el análisis microbiológico de los residuos sólidos para determinar su carga contaminante microbiológica.
- Caracterizar los residuos sólidos vegetales que potencialmente podrían ser usados como biomasa en el proceso de obtención de bioetanol.
- Realizar el análisis físico químico de la biomasa para determinar la humedad, el contenido de azúcares totales y reductores.
- Desarrollar el método de investigación a seguir para la obtención de bioetanol.
- Seleccionar el sustrato para la fermentación alcohólica de acuerdo al método utilizado.
- Determinar las condiciones de operación y los parámetros físicos y químicos involucrados en el proceso de fermentación alcohólica.
- Determinar el rendimiento de bioetanol producido durante la fermentación de los residuos sólidos vegetales.

Justificación

Actualmente el bioetanol es un importante químico industrial, renovable y que es producido en cantidades comerciales, pero su demanda se incrementa cada vez más, debido al interés económico y ambiental que representa. Por esta razón, se ha incrementado la necesidad de utilizar nuevas alternativas de materia prima, adicionales al maíz, cereales y a la caña de azúcar, para la producción de bioetanol y mejor aún, utilizar residuos lignocelulósicos para producirlo.

Tabla 3. Indicadores de Costo (Principales Países Productores)

PAIS Y MATERIA PRIMA	COSTO POR LITRO US\$	PROPORCION COSTO Materia Prima /Costo Total (%)
Brasil (caña de azúcar)	0,23 – 0,29	37
Estados Unidos de América (maíz)	0,40	39 – 50
Europa (trigo)	0,59	68
Europa (remolacha)	0,76	34
Estados Unidos de América (Gasolina en función a valor energético)	0,34	73

Fuente: Biocombustibles Sostenibles en Bolivia, 2008

Estas nuevas alternativas podrían ser el uso de residuos con alto contenido en biomasa. Estos residuos tienen la ventaja de su bajo costo, ya que son la parte no necesaria de otros productos o procesos. Estos no causan impacto en la seguridad alimentaria, salvo cuando son utilizados en la alimentación del ganado y ayuda a reducir la contaminación ambiental. La biomasa es una nueva alternativa en la producción de bioetanol.

El aumento de la producción de bioetanol en el mundo ha estado envuelto con el desarrollo de nuevas tecnologías que permiten obtener este producto a partir de

residuos de madera, de residuos sólidos orgánicos y de todos los materiales que contengan celulosa y hemicelulosa.

La alternativa de emplear residuos lignocelulósicos en la producción de bioetanol, constituye hoy en día una posibilidad altamente prometedora por su amplia disponibilidad en el mundo. La existencia en los diversos países iberoamericanos con abundantes recursos lignocelulósico, justifica la dedicación por estas naciones en dar un esfuerzo importante al desarrollo y adaptación de tecnologías tendientes a la utilización integral y racional de los mismos; y de esa forma contribuir significativamente, además, a la disminución de la contaminación ambiental.

El presente proyecto no contempla la utilización de cereales para la obtención de bioetanol, sino que, además de que Bolivia presenta grandes alternativas en este sector; se puede lograr la obtención de bioetanol a partir de residuos orgánicos, que bien podrían ser los residuos de productos como ser: cascaras de frutas, residuos de verduras, hortalizas y otros vegetales, obtenidos a partir de la utilización de los mismos como fuente de alimento para la población y que se encuentran por todas partes, en los mercados, parques, plazas y todos los domicilios de la ciudad.

El Comedor Universitario de la U.A.J.M.S. brinda la oportunidad y facilita la disposición de los residuos que genera de forma conveniente para la utilización de los mismos en estudios de investigación para estudiantes de la universidad. Entre los residuos que genera se pueden mencionar: restos de comidas, restos de servilletas, restos de papel, cascaras de frutas, residuos de verduras, restos de hortalizas, toda clase de residuos alimenticios y residuos líquidos. Estos residuos o, al menos, la mayor parte de ellos son residuos orgánicos. Además, dentro del comedor universitario se puede realizar una mejor clasificación y selección de los residuos que serán usados en la obtención de bioetanol.

Lo que se quiere realizar con el proyecto, es que, con las investigaciones realizadas se logre contribuir a la disminución del grave impacto que estos residuos ocasionan al entorno, utilizándolos para la obtención de un producto que podría utilizarse como una fuente renovable de energía, que tiene su origen en materia prima que al constituir

sustancias de desecho no son destinados a otros usos de mayor importancia como la alimentación humana.

La obtención de bioetanol, teniendo como materia prima los residuos de frutas y otros alimentos, constituye de por sí una nueva alternativa, que amplía las posibilidades de solución a la contaminación ambiental, al ser una fuente de energía de costo ambiental bajo y que puede ser utilizada durante un periodo de tiempo más amplio si se lo compara con los combustibles fósiles.