



**LOS LIBERTADORES**  
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

**ESTUDIO COMPARATIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A  
TRAVÉS DE LA FERMENTACIÓN EN BATCH USANDO  
SACCHAROMYCES CEREVISIAE ENTRE (*MANGIFERA INDICA*) Y (*VITIS  
VINIFERA*)**

**YENNIFER LORENA COBOS RAMIREZ**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES  
FACULTAD INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C  
2019**



**LOS LIBERTADORES**  
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

**ESTUDIO COMPARATIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A  
TRAVÉS DE LA FERMENTACIÓN EN BATCH USANDO  
SACCHAROMYCES CEREVISIAE ENTRE (*MANGIFERA INDICA*) Y  
(*VITIS VINIFERA*)**

**YENNIFER LORENA COBOS RAMIREZ**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**DIRECTOR  
ADOLFO LEON AGATON  
MSc en Ingeniería Industrial**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES  
FACULTAD INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C  
2019**



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Fundación universitaria Los Libertadores por permitirme hacer parte de un proyecto de investigación en la facultad ingeniería y ciencias básicas, por brindarme la oportunidad de realizar los diferentes estudios y recopilación de información en sus instalaciones y laboratorios, teniendo en cuenta los lineamientos en la política institucional de investigación.

De igual manera expresar mi gratitud al Ingeniero Adolfo León por su conocimiento y confianza, por asesorarme en temas como metodología a utilizar, tema de investigación y línea de énfasis.

Y a todas aquellas personas que de manera directa o indirecta estuvieron involucradas en el desarrollo de este trabajo, a mis padres que me brindan su amor y apoyo constante.

Finalmente agradezco a Dios por ser mi protector, por su amor infinito y por ser mi guía en cada proyecto que emprendo.



## CONTENIDO

RESUMEN .....	9
INTRODUCCION .....	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	17
2. JUSTIFICACION .....	18
3. OBJETIVOS .....	20
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	20
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	20
4. MARCO TEORICO .....	21
4.1 BIOETANOL .....	21
4.1.2.1 EI BIOETANOL A NIVEL MUNDIAL .....	21
4.1.3 EL ETANOL EN COLOMBIA .....	22
4.2 HIDROLISIS ACIDA .....	22
4.3 HIDROLISIS ALCALINA .....	23
4.4 FERMENTACION DISCONTINUA EN BATCH .....	23
4.4.1. DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA PILOTO DE FERMENTACIÓN EN BATCH PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL	23
4.5 CULTIVO EN BATCH .....	24
4.6 FERMENTACION ALCOHOLICA .....	24
4.7 CONDICIONES A MEDIR Y CONTROLAR EN EL PROCESO DE FERMENTACION .....	25
4.7.1 TEMPERATURA .....	25
4.7.2 PH .....	25
4.7.3 NUTRIENTES .....	25
4.7.4 AREACION .....	25
4.7.5 PRODUCTIVIDAD .....	25
4.8 BIOMASA .....	26
4.8.1 BIOMASA VEGETAL .....	26
4.8.2 BIOMASA NATURAL .....	26
4.8.3 BIOMASA RESIDUAL .....	26
4.8.4 BIOMASA LINGOCELULOSICA .....	26



4.8.5 PRODUCCION DE BIOETANOL.....	26
4.8.6 PROCESOS EN LA PRODUCCION DE BIOETANOL .....	27
4.8.7 MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCION DE BIOETANOL .....	27
5. METODOLOGIA.....	28
5.1 TIPOS DE FERMENTACION .....	28
5.1.2 OBTENCION DE BIOETANOL.....	28
5.1.3 COMPARATIVO DEL MANGO Y LA UVA A PARTIR DEL PROCEDIMIENTO DE HIDROLISIS .....	29
5.1.4 COMPARATIVO DEL MANGO Y LA UVA A PARTIR DEL PROCEDIMIENTO DE FERMENTACION.....	30
5.2 PRODUCCION DE UVA Y MANGO .....	32
5.3 COMPARATIVO DE TAXONOMIA.....	33
5.4 COMPARATIVO DE MATERIALES.....	33
6. CONCLUSIONES.....	35
7. RECOMENDACIONES.....	36
BIBLIOGRAFIA.....	37
RECURSOS ELECTRONICOS .....	39



## INDICE DE GRÁFICAS

<b>GRÁFICA 1</b> Importaciones del alcohol carburante .....	15
<b>GRÁFICA 2</b> La mezcla del biodiesel en el tiempo .....	18
<b>GRÁFICA 3</b> Curva típica de crecimiento en un sistema batch .....	24
<b>GRÁFICA 4</b> Proceso de bioetanol basado en biomasa .....	26
<b>GRÁFICA 5</b> Proceso en la producción de bioetanol.....	27
<b>GRÁFICA 6</b> Materia prima para la obtención de bioetanol.....	27
<b>GRÁFICA 7</b> Procedimientos para la obtención de bioetanol a partir de Mangifera Indica L (Mango) .....	29
<b>GRÁFICA 8</b> Procedimientos para la obtención de bioetanol a partir de Vitis Vinifera (Uva) .....	29



## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1</b> Leyes en Colombia con relación al alcohol carburante obtenido .....	11
<b>TABLA 2</b> Ficha técnica del bioetanol .....	21
<b>TABLA 3</b> Tipos de fermentación y sus productos industriales .....	28
<b>TABLA 4</b> Medición de glucosa, pH y alcohol .....	30
<b>TABLA 5</b> Taxonomía del mango y la uva .....	33
<b>TABLA 6</b> Comparativo de materiales para la obtención de bioetanol a partir del mango y la uva.....	34



## INDICE DE IMAGENES

<b>IMAGEN 1</b> Arbol de mango .....	16
<b>IMAGEN 2</b> Fruto de uva .....	16
<b>IMAGEN 3</b> Sistema de fermentación piloto .....	24
<b>IMAGEN 4</b> Sistema piloto de fermentación en batch.....	31
<b>IMAGEN 5</b> Proceso de hidrolisis y fermentacion para la producción de bioetanol .....	31
<b>IMAGEN 6</b> Morfología de la uva .....	32
<b>IMAGEN 7</b> Morfología del mango .....	32



## RESUMEN

El Bioetanol es considerado un recurso energético sostenible, ya que brinda diversas ventajas sobre los derivados del petróleo, entre ellas encontramos mayor seguridad energética, la minimización en la producción de gases invernadero, minimización del costo del combustible. En este proyecto de investigación se plantean dos alternativas para la obtención de bioetanol por medio de un proceso de fermentación alcohólica en batch con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* a partir de residuos agrícolas como la uva común (*Vitis vinífera*) y la cáscara de mango (*mangifera indica*).

Finalizando el proceso de fermentación de (*Vitis vinífera*) en la Fundación universitaria Los Libertadores, este sistema logró como resultado un 6.3 % de alcohol (etanol) partiendo de una concentración de 320 mg/dl de Glucosa en 2L;

De igual manera fue posible obtener datos estadísticos (regresión lineal), una ecuación predictiva a los rendimientos del sistema en producción % de alcohol.

Por otro lado, se realiza el proceso con la cáscara de mango (*mangifera indica*), la cual, se somete a un pre-tratamiento térmico y físico tomando como muestra 60 g (triturada y seca). Después de este proceso la muestra ingresa a un proceso de hidrólisis alcalina e hidrólisis ácida con ( $H_2SO_4$ ) al 3%(v/v), dejándola con un pH 7 (neutro) y poder dar continuidad a la fermentación alcohólica, de la que se obtiene un rendimiento del 4 % de alcohol carburante (etanol). Finalmente, se determina el comportamiento de varias variables de la muestra como la glucosa, el pH, la levadura y sustrato con respecto al tiempo en un periodo de 12 horas.

**Palabras claves:** Bioetanol, seguridad energética, minimización de costos, fermentación alcohólica, gases invernaderos, recurso energético, hidrólisis alcalina, hidrólisis ácida, petróleo, *Vitis vinífera*, *mangifera indica*.



## INTRODUCCION

El etanol ha sido obtenido por fermentación de diversos sustratos, principalmente de la industria agro-azucarera, es importante mencionar que del biocombustible más desarrollado a escala mundial es el bioetanol. Cualquier material que contenga azúcares o hidratos de carbono fermentable, celulosa o hemicelulosa, pueden servir como materia prima para la obtención del etanol (Abril, A., & Navarro, E. A, 2012). Siendo el bioetanol el resultado de la fermentación de azúcares obtenidos principalmente de la caña de azúcar, maíz, trigo, arroz, residuos agrícolas, forestales, y basura orgánica. los biocombustibles se clasifican según su materia prima utilizada (Salinas Callejas & Gasca Quezada, Los Biocombustibles, 2009)

**Biocombustibles de primera generación:** obtenidos a partir de productos agrícolas como cereales, tubérculos, y sacarosa. Su uso genera preocupación en cuanto al uso de tierras, consumo de agua elevado y seguridad alimentaria ya que el economista Don Mitchell, estimó un alza del 70% en los precios de los alimentos empleados para producir biocombustibles.

**Biocombustible de segunda generación:** obtenidos a partir de material lignocelulósicos que no tiene función alimenticia para el hombre, se pueden plantar en terrenos deforestados y también los podemos encontrar en los residuos agroindustriales.

**Biocombustibles de tercera generación:** producidos por materia prima de modificada procedentes de algas, hidrogeno obtenido de la biomasa.

Por lo anterior, el presente proyecto tiene como finalidad realizar un estudio comparativo de la producción de bioetanol por medio de fermentación de la uva común y de la cascara de mango.

Teniendo en cuenta que la mayor necesidad a nivel ambiental es la minimización en la producción de gases invernadero, la crisis energética de los combustibles fósiles por su característica de no renovable y ya que el proceso de extracción de crudo de actividades petroleras son las que mayor impacto negativo ocasionan al medio ambiente como lo son derrames de petróleo en ríos, mares y océanos, muerte de microorganismos por asfixia, efectos negativos sobre la reproducción y propagación a la fauna y flora. Colombia reguló el uso del alcohol carburante bajo la normatividad general de los biocombustibles (Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia). En la cual, se establece que las gasolinas que se utilicen en el país en los centros urbanos con más de 500.000 habitantes deberán tener un porcentaje de mezcla de alcoholes carburantes.

**TABLA 1** Leyes en Colombia con relación al alcohol carburante obtenido

TIPO	NÚMERO	AÑO	CONTENIDO
Resolución	40185	2018 (Feb.27)	Por la cual se establece el porcentaje de mezcla de alcohol carburante en la gasolina motor corriente y extra a nivel nacional
Resolución	1962	2017 (Sep.25)	Se expide en el límite del indicador de cociente del inventario de emisiones de gases efecto invernadero del Etanol Anhidro Combustibles Desnaturalizado y se adoptan otras disposiciones.
Resolución	40626	2017 (Jul.04)	Por la cual se establece la mezcla E8 de alcohol carburante con gasolina motor corriente en todo el país.
Resolución	40434	2017(Ma y.18)	Por la cual se suspende la mezcla de alcohol carburante con gasolina motor corriente en algunas zonas del país.
Resolución	789	2016 (May.20)	Se modifica la Resolución 898 de 1995 en lo relacionado con los parámetros y requisitos de calidad del Etanol Anhidro Combustible y Etanol Anhidro Combustible Desnaturalizado utilizado como componente oxigenante de gasolinas
Resolución	41072	2015 (Oct.01)	Se establece el porcentaje de mezcla de alcohol carburante para la zona Suroccidental del país.
Resolución	40565	2015 (May.15)	Se establece la metodología para determinar el déficit de alcohol carburante en la oferta nacional.
Resolución	90454	2014 (Abr. 29)	Se modifica la Resolución 180687 de 2003, donde se permite la exportación de alcoholes carburantes en la medida que se garantice el abastecimiento interno y la importación siempre y cuando exista déficit en la oferta.
Resolución	90932	2013 (Oct.31)	Se establece el porcentaje de mezcla de alcohol carburante con las gasolinas en algunas plantas de abastecimiento mayorista.
Decreto	4892	2011 (Dic.23)	Se dictan disposiciones aplicables al uso de alcoholes carburantes y biocombustibles para vehículos automotores.
Resolución	181555	2010 (Ago.31)	Se modifica la Resolución 8 2438 del 23 de diciembre de 1998 y se establecen disposiciones relacionadas con la estructura de precios de la Gasolina motor.
Decreto	1135	2009 (Mar.31)	Se modifica el Decreto 2629 de 2007, en relación con el uso de alcoholes carburantes en el país y con las medidas aplicables a los vehículos automotores que utilicen gasolinas para su funcionamiento.
Conpes	3510	2008 (Mar.31)	Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia.
Resolución	2200	2005 (Dic.29)	Se modifica parcialmente la Resolución 1565 del 27 de diciembre de 2004.
Resolución	181069	2005 (Ago.18)	Se modifica la Resolución 18 0687 del 17 de junio de 2003 y se establecen otras disposiciones.
Resolución	1565	2004 (Dic.27)	Se modifica parcialmente la Resolución 898 del 23 de agosto de 1995.
Resolución	180687	2003 (Jun.17)	Se expide la regulación técnica prevista en la Ley 693 de 2001, en relación con la producción, acopio, distribución y puntos de mezcla de los alcoholes carburantes y su uso en los combustibles nacionales e importados.
Ley	788	2002 (Dic.27)	Se expiden normas en materia tributaria y penal del orden nacional y territorial; y se dictan otras disposiciones.
Ley	693	2001 (Sep.19)	Se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones.

**Fuente:** (Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia, s.f.)



Algunos países han implementado políticas para la utilización de biocombustibles para el sector de transporte (Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA), 2006).

- En la unión europea: 5.75% para 2010 y el 8% para el 2020 en un plan de sustituir el 20% en los combustibles no renovables por alternativos,
- Brasil: 25% de mezcla obligatoria de bioetanol en gasolinas
- Estados Unidos: 4% para 2010 y 20% para 2030
- Canadá: de 7.5% a 10% de mezcla obligatoria de bioetanol en gasolinas
- China: 10% mezcla obligatoria en gasolinas
- Argentina: 5% mezcla obligatoria de bioetanol
- Colombia: 10% de mezcla obligatoria en ciudades principales a partir del 2005

Estas consideraciones están soportadas por la legislación de cada país que permiten la mezcla de etanol y gasolina en concentraciones que oscilan entre 5-10% de etanol. Sin modificaciones en los motores, dado que en concentraciones mayores se requieren motores flexibles capaces de funcionar con gasolina y etanol como lo menciona (Amaris, Manrique, & Jaramillo, 2015).

En otros estudios a nivel mundial, se estima una producción de 42 millones de toneladas de mango siendo India, China, Kenia, Tailandia, Indonesia, Pakistán y México los principales productores (Torres Leon, y otros, 2016) citando a O'Shea, Arendt y Gallagher, 2014), quienes indican que de los procesos industriales del mango se generan residuos que van de 35 a 60% de la fruta, es notorio que se está desperdiciando un gran porcentaje de la fruta de mango, lo que puede ser una oportunidad para usarla como materia prima para la producción de bioetanol

La Escuela Agrícola de Panamericana de Honduras llevó a cabo un prototipo de destilador continuo con energía solar para la obtención de bioetanol a partir del vino del mango a diferentes rangos de temperatura siendo óptima la temperatura ambiente mayor a 75.4°C obteniendo mayor cantidad de alcohol destilado. (Balcazar Suarez, 2008).

En la Universidad Curtin, Malasia realizaron un estudio de la producción de bioetanol usando como materia prima los residuos de yuca y mango para la fermentación en Batch con el fin de desarrollar un modelo matemático llamado EMK para representar los efectos del pH y tasa de aireación del comportamiento microbiano. Siendo un modelo de bajo costo, optimizando los estudios experimentales de los biorreactores. (Han Seer & Nandong, 2016).

La Universidad Autónoma de Coahuila en México utilizó en el departamento de investigación de alimentos los residuos de la corteza de los árboles de mango por su alto contenido de material lignocelulósicos para la producción de bioetanol aplicando los siguientes métodos; la hidrólisis y fermentación



separada(HFS), la sacarificación y fermentación simultanea(SFS) y la presacarificación seguida de fermentación simultanea (PSFS) con el objetivo de evaluar el método más óptimo en términos de rendimiento de etanol, productividad, y la producción de bioetanol por tonelada de residuo, concluyendo se obtiene mejor resultado en la presacarificación (PSFS) con rendimiento de 236 L de etanol por tonelada y concentraciones de 39.12 g/L (Nieves, y otros, 2015).

*“En un estudio realizado por ( Carrillo Nieves, y otros, 2016) evaluaron la eficiencia de dos pretratamientos químicos con ácido fosfórico e hidróxido de sodio usados en los residuos de la corteza de los árboles de mango. Obtuvieron mejores resultados en el pretratamiento alcalino con respecto al ácido fosfórico por eliminar o modificar la lignina de la biomasa, y por el aumentando de las concentraciones de glucosa que es un parámetro importante para determinar el mejor rendimiento de la hidrólisis enzimática bajo las siguientes condiciones:*

*En dicho estudio realizaron pretratamiento alcalino a 120 ° C, 15 min, con una relación sólido líquido (1:10) con el mejor rendimiento para obtener glucano y del resultado de la hidrólisis enzimática al 21% de carga sólida tuvieron un rendimiento de producción de glucosa de 71.2 g/L, 56.3%. Sin embargo, con 15% de carga sólida, las concentraciones de glucosa fueron 48.9 g/L con un rendimiento de 75.3%” (Carvajal Marín Tatiana, 2018).*

El departamento de investigación de Ciencias agropecuarias del SENA, relacionaron fuentes de residuos agroindustriales que se generan en Colombia como el café, la palma de aceite, caña de azúcar, caña panelera, maíz, arroz, residuos cítricos, la naranja, la mandarina, mango común que no se aprovechan generando un impacto ambiental por su disposición final. Está claro que estos residuos se pueden usar para aportar un valor agregado a la industria de construcción, para la producción de biocombustibles, farmacéuticos, cosméticos entre otros (Peñaranda Gonzalez, Montenegro, & Giraldo Abad, 2017), la conclusión es que en Colombia tan solo se aprovecha el 17% de los residuos, según (MADS, 2016), en el año 2018 la meta era alcanzar un 20% de reciclaje como resultado de la puesta en marcha de instrumentos normativos en la reglamentación del servicio público de aseo y los marcos tarifarios, procesos que adelanta el gobierno nacional y de los cuales hasta ahora no se ven avances teniendo en cuenta que seguimos con un porcentaje de reciclaje del 17% a 2018. (Peñaranda Gonzalez, Montenegro, & Giraldo Abad, 2017).

En la Universidad Católica de Manizales, se realizó un estudio del proceso de fermentación a través de los residuos del mango, iniciaron con pre tratamiento térmico a 121°C y 2 psi por 30 min. Luego se realizó el proceso de hidrólisis enzimática con dos microorganismos (Trichodema spp y Aspergillus brasiliensis) con un rendimiento de azúcares del 100 y 98% y de etanol de 2,462 g alcohol/litro de solución y 3,050g g alcohol/litro respectivamente (Ospina Henao, Hernandez Rodriguez, & Lozano Moreno, 2012).



En la Universidad de Sucre diseñaron una planta de producción de bioetanol usando como sustrato el mango hilaza capaz de procesar 20 Ton/h de mango obteniendo 1666,4 L/h de etanol y con un costo de producción de \$900 pesos / L (Martinez Amell, 2008).

En la Fundación Universitaria los Libertadores diseñaron un Sistema piloto de Fermentación en Batch para la producción de bioetanol a partir de la biomasa de la Eichhornia Crassipes (Cuchimaque Bolivar, 2018). Que será la guía para la elaboración de este trabajo de investigación utilizando para la fermentación la cáscara del mango. Adicional, en otro trabajo de investigación realizaron el proceso de fermentación alcohólica a partir de la uva común, validando el sistema piloto de fermentación en Batch. (Hurtado Rodriquez & Jimenez Sabi, 2018)

Por otro lado en la Fundación Universitaria los Libertadores, se determina así que: los 2 parámetros que permiten validar el sistema piloto de fermentación según un laboratorio de Diseño y optimización de un sistema piloto de fermentación en batch para la producción de bioetanol. (Y. A. Cuchimaque Bogotá) son la concentración de Glucosa (mg/dl) y la obtención de alcohol (%), y debe realizarse durante una fermentación alcohólica con parámetros ya conocidos a los rendimientos finales. En este trabajo de investigación se realiza una fermentación alcohólica con parámetros controlados a agitación, temperatura, tiempo, concentración de glucosa y % de alcohol; con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y usado como sustrato la uva común (*Vitis vinífera*).

En el Informe anual de Asocaña 2017-2018 titulado “Aspectos Generales del Sector Agroindustrial de la Caña”, se indica que en el año pasado en el país se produjeron 367 millones de litros de este combustible, para el programa gubernamental de oxigenación de la gasolina en Colombia.

El Bioetanol de caña de azúcar colombiano reduce 74 por ciento las emisiones de gases de efecto invernadero comparado con el combustible fósil, mientras que el etanol de caña de Brasil disminuye 65 por ciento y el obtenido de maíz en EE. UU. Aminora el 10 por ciento.

### **El biodiesel y su importancia**

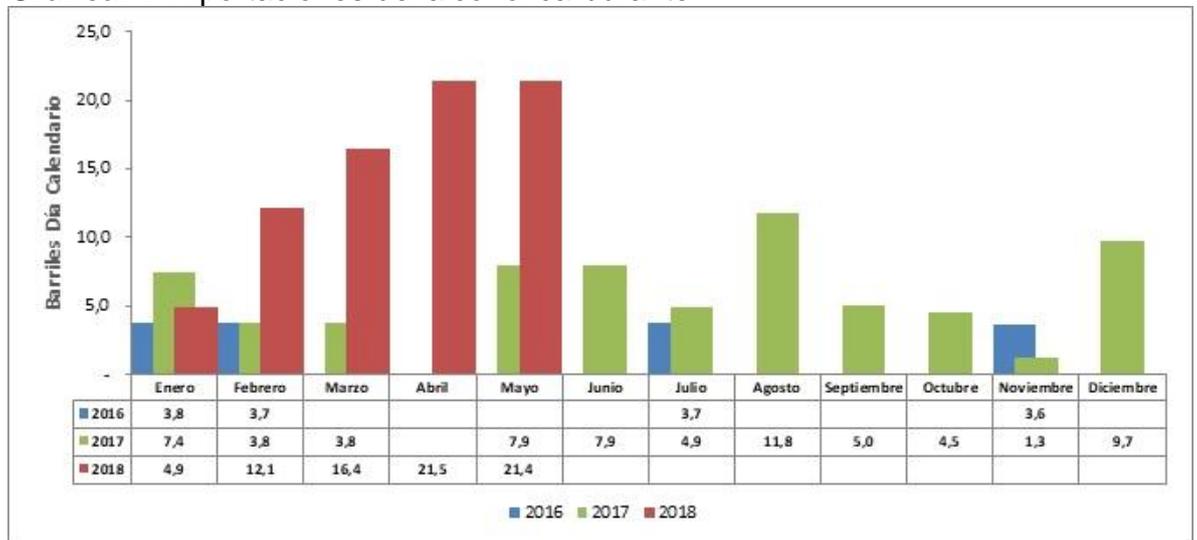
La producción de biodiesel en Colombia durante el 2017 ascendió a 460.121 toneladas, mientras que las ventas de estos biocombustibles alcanzaron a las 513.336 toneladas, así lo reporta la Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia (Fedebiocombustibles).

En cuanto a la producción mundial de este combustible en el año pasado, las estadísticas reportadas por el Oil World, indican que esta llegó a las 35, 1 millones de toneladas.

Es importante indicar, que la cadena del biodiesel de palma lideró la inversión en el sector agrícola colombiano en las últimas décadas, al invertir cerca de US\$3 billones de dólares, cifra que hoy en día sigue representando la mayor inversión de carácter permanente en este renglón productivo generando empleo rural formal y desarrollo económico sostenible. (Fedebiocombustibles, 2018)

La importación de alcohol carburante ha tenido un vertiginoso aumento durante los últimos tres años pasando así de 15 millones de litros en el 2016 a 76 millones para los primeros 5 meses del 2018, esto representa un aumento del 514% solamente en 2 años.

**Gráfica. 1** Importaciones del alcohol carburante.



**Fuente.** ( Fedebiocombustibles, 2018)

Por lo anterior, el presente proyecto tiene como finalidad realizar un estudio comparativo de la producción de bioetanol a través de la fermentación en batch usando *saccharomyces cerevisiae* entre (*mangifera indica*) y (*vitis vinífera*).

### **MANGIFERA INDICA L.,**

Conocido comúnmente como mango, es un árbol verde de tamaño de mediano a grande que típicamente crece a una altura de 25 m con una copa redondeada y muy densa, con hojas verde oscuro y un tronco robusto con corteza gruesa y áspera. El mango, nativo del Asia tropical, ha sido plantado a través de todo el trópico, de semiárido a húmedo, y el subtropical, y se ha naturalizado en muchas de las áreas en donde ha sido introducido. Es uno de los árboles frutales más populares a través de su área de distribución propósitos. (Parrotta, John A., 1993)

**Imagen 1.** Árbol de mango



**Fuente.** (Fernandez Galan)

### **VITIS VINIFERA L.,**

Es una planta cuyo origen se sitúa en Asia, y su cultivo se extiende en todas las regiones templadas de ambos hemisferios. Pertenece a la familia de las vitáceas y posee un tronco leñoso, ramas flexibles con numerosos nudos (son llamadas pámpanos, cuando son verdes y sarmientos cuando ya están lignificadas, sobre éstas últimas se da la fructificación). De su jugo se produce el vino. Las vides salvajes o silvestres, no cultivadas, poseen hojas más ásperas, y las uvas son pequeñas, de sabor agrio, amargo y astringente. (Vitis Vinifera, 2015) siendo cultivada entre 50° latitud Norte y 45° Sur. La superficie con viñedos en el mundo representa alrededor de 7,9 millones de hectáreas (Almanza, 2011) El 70,5% de la superficie dedicada a la viticultura está situada en la zona templada y el 20,3% está en la zona fría; sólo el 6,3% del total está representado por las zonas tropicales y subtropicales (Fregoni, 2007).

**Imagen 2.** Fruto de uva



**Fuente.** (Ministerio de Agricultura, 2015)



## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El petróleo es un recurso no renovable y en la actualidad la principal fuente de energía y materia prima en el mundo para la generación de una gran variedad de derivados entre los que se incluyen la mayoría de los plásticos siendo este un gran porcentaje de consumo. Éste debe ser extraído de la naturaleza, pero su disponibilidad es baja ya que relativamente es un producto escaso lo que hace que la producción no sea suficiente para satisfacer la demanda mundial, esto se ve reflejado en los precios, teniendo un alto impacto en la economía de los países tercermundistas; por lo que se ha hecho indispensable el estudio, desarrollo y uso de nuevos combustibles (Levtona, 2006; Cadena Agroindustrial, 2004)

La demanda del petróleo cada vez se acelera más debido al incremento económico que da la industrialización, las mejoras en la infraestructura y la urbanización de países en desarrollo esto hace que los precios aumenten por el escaso abastecimiento de este producto.

Es importante recordar que la utilización del petróleo como fuente de energía tiene como consecuencia daño en el medio ambiente por la gran producción de dióxido de carbono, el cual aumenta la absorción de calor contribuyendo al calentamiento global, también por el impacto que tiene sobre el territorio en el que se realizan las explotaciones (Sanchez y vargas, 2005). Este impacto solo podría reducirse a medida que se generen nuevos hallazgos, que aumenten considerablemente la oferta de sustitutos y que minimicen los efectos sobre el medio ambiente.

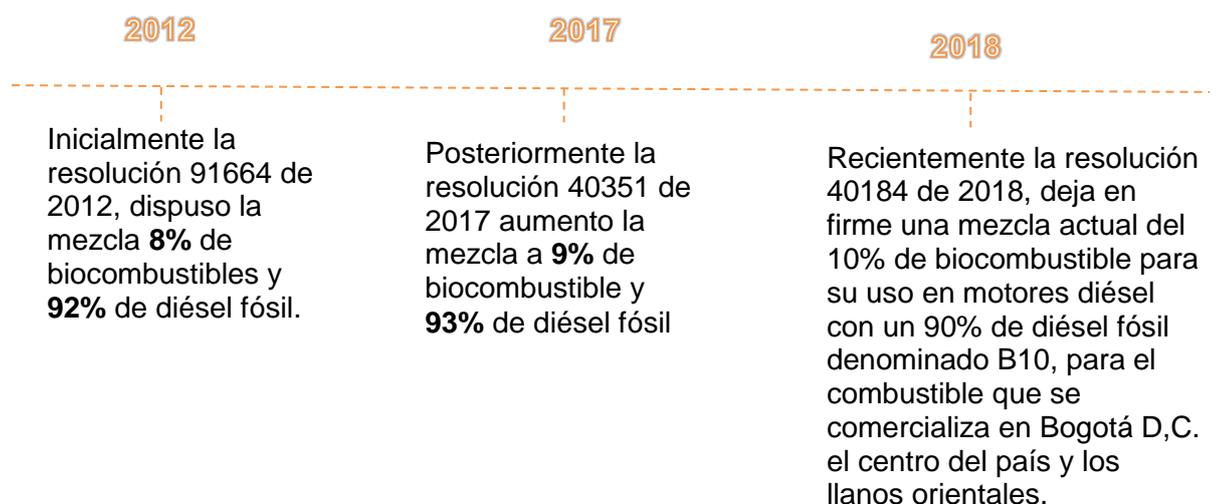
Por lo tanto, se considera que con el tiempo aumentará la producción de este recurso renovable, sin afectar al medio ambiente, trayendo consigo la reactivación de la agricultura, para lograr producir suficiente bioetanol y un impacto ambiental positivo, siendo necesario aumentar las plantaciones de uva y mango, de esta manera ayudar a incrementar la oferta de empleo a los campesinos de nuestro país; por ello es importante determinar ¿Cómo podemos lograr la mayor cantidad en la producción de (*Vitis vinífera*) y (*mangifera indica*)? ¿Cuál es el medio por el cual logramos mayor rendimiento para la producción de bioetanol a partir de frutas?

## 2. JUSTIFICACION

El petróleo como fuente de energía genera un impacto negativo en el medio ambiente, el deterioro de la calidad del aire se encuentra relacionado con los efectos generados por las emisiones contaminantes a la atmosfera, debemos tener en cuenta que la disponibilidad de este producto es reducida y que es no renovable, este es el motivo de que sea escaso y costoso, por esta razón es importante investigar a fondo las diferentes formas de lograr reemplazarlo con un producto que genere cambios positivos como es el caso del bioetanol. La contaminación del aire en el país se genera principalmente por la utilización de combustibles fósiles, el 41% de las emisiones en Colombia se generan en 8 ciudades: Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Sogamoso, Bucaramanga, Cartagena y Pereira. (Conpes 3344 , 2005)

El 70% de la contaminación por emisiones de partículas contaminantes del aire son atribuidos a las fuentes móviles, representadas por vehículos de transporte a motor que utilizan derivados del petróleo como fuente energética para su locomoción. En términos de afectación de salud, el (DNP) en su reporte de calidad del aire: Una prioridad de política pública, indica que en Colombia durante el año 2015 se registraron 8.052 muertes asociadas a la baja calidad del aire (DNP, 2018). Los niveles y características de las emisiones generadas por los motores diésel, tienen una relación directa con la tecnología de los motores y las características del diésel utilizado, en términos de contenidos de azufre, poliaromaticos, cetano, densidad, viscosidad y temperatura máxima de 95% del volumen de recobro. (Minminas, 2017).

### **Gráfica. 2** La mezcla del biodiesel en el tiempo



**Fuente** (Minminas, 2018)



Este último aumento de mezcla se define basado en el concepto técnico emitido por la Dirección de hidrocarburos de MINMINAS, donde se establece que en la actualidad Colombia cuenta con una capacidad de producción de biodiesel suficiente para garantizar el incremento de 1% adicional a la mezcla definida por la Resolución 40351 de 2017, (Minminas, 2018)

El biocombustible de producción nacional, que ha demostrado sus efectos positivos en el ámbito, ambiental y económico del país, como lo indica el estudio de Energía Limpia y renovable de Colombia S.A.S, 2013, puede ser utilizado en mayor proporción en mezclas en conjunto con el diésel comercial, tanto como mecanismos tempranos para la mitigación de la contaminación producida por el sector transporte y como medida de transición hacia una movilidad baja en carbono.

Adicionalmente, el biodiesel por ser un energético renovable disminuye las emisiones de gases efecto invernadero. De acuerdo con el análisis de ciclo de vida de los Biocombustibles, el biodiesel reduce como mínimo un 83% (las emisiones de GEI) es decir que una mezcla al 20% podría reducir más de 5 millones de toneladas anuales de CO<sub>2</sub>.

Este tipo de ventajas ambientales, pueden ser aprovechadas por la nación como parte del mecanismo que requiere implementar en el sector transporte para garantizar el cumplimiento de su compromiso internacional de disminución del 20% de GEI al año 2030. (Fedebiocombustibles)

Por ello se hace necesario realizar un estudio comparativo para la producción de bioetanol a través de la fermentación en batch usando *saccharomyces cerevisiae* entre (*mangifera indica*) y (*vitis vinífera*) debido a que estos microorganismos han sido estudiados ampliamente por su alta eficiencia en la fermentación alcohólica.



### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

- Evaluar la producción de bioetanol mediante un estudio comparativo a través de la fermentación en batch usando *saccharomyces cerevisiae* entre (*mangifera indica*) y (*vitis vinífera*).

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Analizar el sistema piloto de fermentación en Batch (cerrada) de la Fundación Universitaria los Libertadores para la obtención de alcohol carburante.
- Analizar los procedimientos que se llevaron a cabo para la obtención de bioetanol.
- Determinar el porcentaje obtenido de bioetanol a partir de la cascara de mango.
- Determinar el porcentaje obtenido de bioetanol a partir de la uva.
- Realizar un estudio comparativo de los porcentajes de bioetanol obtenidos con cada una de las especies estudiadas.



## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 BIOETANOL

El alcohol etílico o etanol es un producto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en la materia orgánica de las plantas, tales como cereales, remolacha, caña de azúcar, sorgo o biomasa. Estos azúcares están combinados en forma de sacarosa, almidón, hemicelulosa y celulosa. Las plantas crecen gracias al proceso de fotosíntesis, en el que la luz del sol, el dióxido de carbono de la atmósfera, el agua y los nutrientes de la tierra forman moléculas orgánicas complejas como el azúcar, los hidratos de carbono y la celulosa, que se concentra en la parte fibrosa la planta. (Centrales termoeléctricas de biomasa, RENOVETEC, 2013, 2013)

El bioetanol mezclado con la gasolina produce un biocombustible de alto poder energético con características muy similares a la gasolina, pero con una importante reducción de las emisiones contaminantes en los motores tradicionales de combustión. El etanol se usa en mezclas con la gasolina en concentraciones del 5 o el 10%, E5 y E10 respectivamente, que no requieren modificaciones en los motores actuales. (Centrales termoeléctricas de biomasa, RENOVETEC, 2013, 2013)

**Tabla 2** Ficha técnica del bioetanol

<b>FICHA TÉCNICA BIOETANOL</b>	
<b>Fórmula</b>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O, CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
<b>Características Generales</b>	Etanol facturado a partir de fuentes biológicas tales como la fermentación de la <i>E. Crassipes</i>
<b>Sinónimos</b>	Alcohol deshidrato, hidrato de etilo.
<b>Aspecto:</b>	Líquido claro e incoloro
<b>Olor:</b>	Característico
<b>Punto de Fusión</b>	-117° C
<b>Solubilidad</b>	Miscible
<b>Temperatura de Inflamación</b>	13°
<b>Punto de Ebullición</b>	79° C
<b>Temperatura de Auto ignición</b>	363°C

**Fuente:** (química.unam, 2016)

#### 4.1.2 EL BIOETANOL A NIVEL MUNDIAL

El etanol en el mundo. La utilización de los biocombustibles líquidos es tan antigua como la de los mismos combustibles de origen fósil y los motores de combustión interna. Las crisis energéticas que sacudieron el siglo XX, y la preocupación mundial por la conservación del medio ambiente, fueron el motor



para incentivar la búsqueda de nuevas fuentes energéticas como el etanol (Grupo Manuelita, 2007)

#### **4.1.3 EL ETANOL EN COLOMBIA.**

Ante la iniciativa tomada por el Gobierno Nacional de impulsar una Ley que estimule la producción, comercialización y consumo de alcoholes carburantes y ante la anunciada deficiencia de petróleo en los próximos años, la producción de alcohol aparece como una nueva alternativa para la producción de combustible limpio; lo que dará sostenibilidad al sector azucarero y a su área de influencia que depende en gran parte de éste, además proporcionará, nuevas posibilidades al sector agropecuario en general.

Este fue uno de los motivos que tuvo en cuenta el Congreso de la República para expedir la Ley 693 de septiembre 19 de 2001, cuyo objeto es controlar la contaminación del aire mediante el uso de oxigenantes en las gasolinas que reduzcan la contaminación producida por los motores de combustión interna. Igualmente, establece que, a partir del 27 de septiembre del año 2005, las gasolinas que se utilicen en las ciudades con más de 500 mil habitantes como Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla y, posteriormente, para el 2006, Bucaramanga, Cartagena, Cúcuta, Pereira y sus áreas metropolitanas, deberán contener un 10% de alcohol carburante debido a que la utilización de oxigenantes en la gasolina como el etanol, obedece a dos factores: el primero es la racionalización en el consumo de energía y el segundo es la preservación del medio ambiente, además los oxigenantes hacen más eficiente la conversión de energía térmica en energía mecánica y por lo tanto, reducen el consumo de combustible. (Grupo Manuelita, 2007)

#### **4.2 HIDRÓLISIS ÁCIDA**

Es un proceso químico que usa como catalizadores ácidos para transformar los polisacáridos de la biomasa lignocelulósica en monómeros. Entre los ácidos utilizados se encuentra; sulfúrico, clorhídrico, sulfuroso, fosfórico, nítrico y fórmico (Galbe & Zacchi, 2002). Los métodos de hidrólisis ácida se clasifican en dos: se emplean ácidos concentrados (10-30) % a temperaturas de 170-190°C y los ácidos diluidos (1-5) % a temperaturas de 160 a 270°C tiempo de 1-12 segundos. La reacción que se genera es la hidrólisis de la hemicelulosa, el xilano y el glucómano. La función principal de la hidrólisis es liberar la glucosa que está presente en la biomasa lignocelulósica produciendo azúcares fermentables a partir de la celulosa y hemicelulosa. Sin embargo, antes de iniciar un proceso de hidrólisis se debe realizar un Pretratamiento para aumentar la susceptibilidad del material.



### **4.3 HIDRÓLISIS ALCALINA**

Se usa como catalizador el NaOH diluido en la biomasa lignocelulósica, a 60°C por 24 horas, generando reacciones de solvatación y saponificación. Lo que permite que la biomasa se expanda haciéndola más accesible a las enzimas. Ya en altas concentraciones alcalinas, se genera la degradación y rompimiento de los polisacáridos (Fengel & Weneger, 1984) Por ende es importante controlar el pH de la muestra que utilizemos.

Una vez realizado el pretratamiento se obtiene una muestra solida insoluble en agua rica en celulosa y lignina; la otra muestra liquida compuesta de hemicelulosa. Después se realiza la hidrólisis de cada una de las muestras como resultados se obtienen los monómeros es decir, hexosas y pentosas que son la materia prima para la obtención de etanol (Cortes Ortiz, 2013)

### **4.4 FERMENTACIÓN DISCONTINUA (BATCH)**

También conocida como proceso en Batch. Es decir, un sistema cerrado, en el que la solución se inocula con microorganismos permitiendo la fermentación en condiciones óptimas en volumen constante sin adicionar ácidos o bases para controlar el pH de la muestra (como cita (Rittmann & MccARTY) A Doran, 1988).

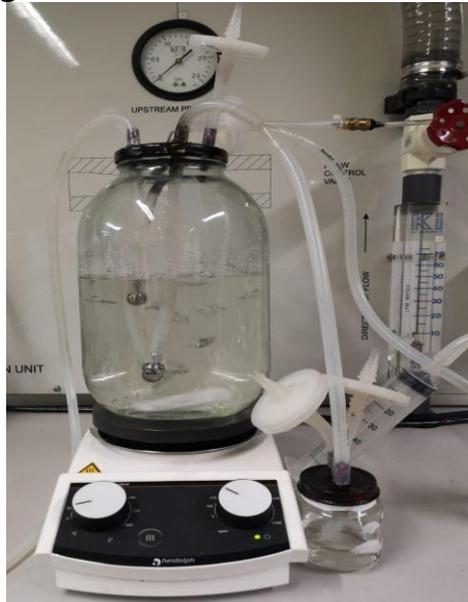
#### **4.4.1 DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN A SISTEMA DE FERMENTACIÓN EN BATCH.**

*“Para el diseño del sistema de fermentación piloto fue necesario tener en cuenta las siguientes variables:*

- 1. El sistema debe ser sellado o contenido de tal forma que evite contaminación que altere la fermentación alcohólica produciendo en lugar de bioetanol ácido láctico o ácido acético.*
- 2. Que posea un sistema de desfogue de gases para permitir la fermentación sin que presurice el sistema y la respiración de la Zymomonas mobilis.*
- 3. Al ser un sistema cerrado se requiere un sistema de muestreo que permita el control sobre el consumo del sustrato y el porcentaje de producción de alcohol.*
- 4. El volumen ideal de líquido en el sistema que mantenga constante la transferencia de calor en sistema y que sea homogéneo”. (Cuchimaque Bolivar, 2018)*

El diseño y la optimización de este proceso está en la tapa o forma de sellado (ver imagen 3), el cual permite realizar un proceso continuo de fermentación y muestreo sin abrir el sistema y que pierda las condiciones de fermentación.

**Imagen 3.** Sistema Piloto de fermentación



(Cuchimaque Bolivar, 2018)

#### 4.5 CULTIVO EN BATCH

El crecimiento de los microorganismos es de tipo exponencial. Es decir un reactor continuo, donde llega un punto que el crecimiento de los microorganismos se limita por factores ambientales. En al siguiente Figura 3 podemos observar la curva de crecimiento de un cultivo inoculado en un tiempo determinado con las condiciones óptimas de temperatura, pH y nutrientes como la glucosa demostrando las 4 fases del ciclo de vida: Demora, fase exponencial, fase estacionaria y muerte (Rittmann & MccARTY).

**Grafica 3.** Curva típica de crecimiento de una población en un sistema Batch



Fuente: sitio web de la Universidad Nacional del Sur cap. 8 Introducción a Bioreactores (Universidad Nacional del Sur de Argentina, 2014)



#### 4.6 FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

Es un proceso biológico por la actividad de microorganismos como por ejemplo la levadura comercial *Saccharomyces cerevisiae* que degrada los azúcares presentes en la biomasa lignocelulósica con el fin de producir alcoholes y dióxido de carbono como lo muestra la siguiente ecuación 1 (Vázquez & Dacosta, 2007)

A pesar de ser una ecuación simple, la degradación de la glucosa es un proceso complejo debido a que al mismo tiempo la levadura consume glucosa para reproducirse. Según Gay Lussac de 1 g de glucosa se obtiene 0.511 g de etanol y 0.489 g de  $CO_2$  según el rendimiento teórico estequiométrico, sin embargo, en los rendimientos ya en la industria oscilan de 87 a 93 % del rendimiento teórico como cita (Vázquez, 2007 a Bourdel, 1987)

#### 4.7 CONDICIONES A MEDIR Y CONTROLAR EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN

**4.7.1 Temperatura.** La temperatura afecta de manera notable en el crecimiento microbiano, debido a que los microorganismos tienen un rango restringido de temperatura para su crecimiento.

**4.7.2 pH.** El pH tiene una gran influencia en los productos finales del metabolismo anaerobio, por lo tanto es importante tener un control sobre esta variable durante el desarrollo del proceso de fermentación puesto que los microorganismos poseen un pH óptimo en el cual tienen mayor velocidad de crecimiento y rendimiento.

**4.7.3 Nutrientes.** Un medio de cultivo debe de tener todos los elementos necesarios para el crecimiento microbiano, para esto se debe tener en cuenta los requerimientos nutricionales del microorganismo con el cual se va a trabajar

**4.7.4 Aireación.** La ausencia o presencia de oxígeno permite una selección tanto del microorganismo como de los productos del mismo. Cuando el cultivo se realiza en presencia de oxígeno la fermentación se denomina aeróbica y cuando este carece de oxígeno se denomina anaeróbica. Si la fermentación es anaeróbica, la mayor parte del carbono se emplea como energía y solo el 2 % se asimila como material celular. *Saccharomyces cerevisiae* es una levadura que posee alta actividad metabólica, por lo que en un proceso fermentativo en fase aerobia se caracteriza por la producción de biomasa y en fase anaeróbica generalmente por la producción de etanol

**4.7.5 Productividad.** La productividad se define como la producción de biomasa por unidad de volumen, por unidad de tiempo de cultivo, dado en concentración de biomasa (g/L) en función de tiempo (h).

## 4.8 BIOMASA

Se entiende como materia prima orgánica formada por vía biológica de origen vegetal y animal. animal (Salinas Callejas & Gasca Quesada, 2009) Se puede clasificar según su origen vegetal, animal y residual como lo mencionan (Abril & Navarro, 2012).

### 4.8.1 BIOMASA VEGETAL

Proveniente de materia orgánica de origen vegetal, residuos agrícolas y residuos forestales.

### 4.8.2 BIOMASA NATURAL

Proviene de los ecosistemas naturales.

### 4.8.3 BIOMASA RESIDUAL

Provenientes de materia orgánica por vía natural o por la tecnología aplicada por el hombre como los residuos forestales, agroindustriales, residuos biodegradables (aguas residuales, lodo).

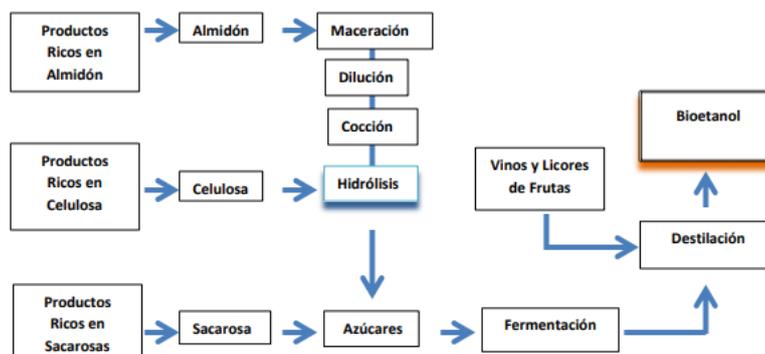
### 4.8.4 BIOMASA LIGNOCELULÓSICA

De origen vegetal con una gran ventaja por ser biodegradables y renovables, siendo el material más abundante de la tierra, con diferentes fuentes como: bosques, cultivos agrícolas, residuos agrícolas, industria de papel. Su estructura química está compuesta por (celulosa, hemicelulosa, lignina).

### 4.8.5 PRODUCCION DE BIOETANOL

Para conocer el proceso de purificación se ha incluido el proceso de destilación de productos con contenido de alcohol como lo son uvas y mango y entender de forma rápida la eficiencia y reacción en el proceso de producción.

**Grafica 4.** Proceso de bioetanol basado en biomasa

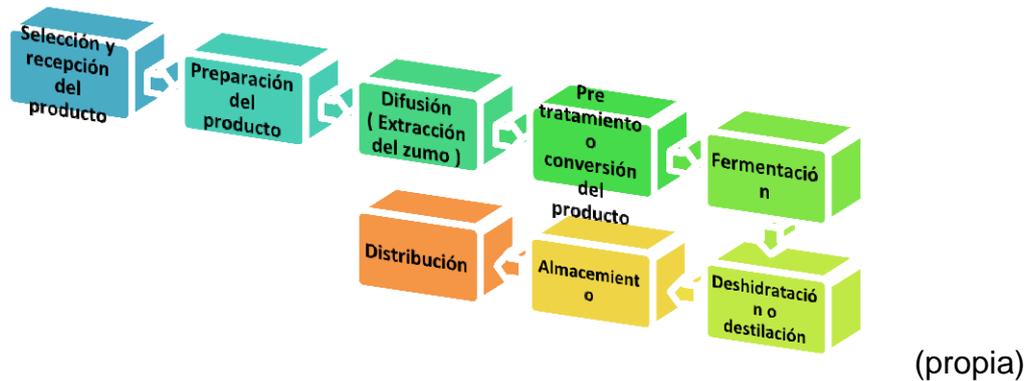


**Fuente** (Hi-tech utomatización. Pereira)

#### 4.8.6 PROCESOS EN LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL

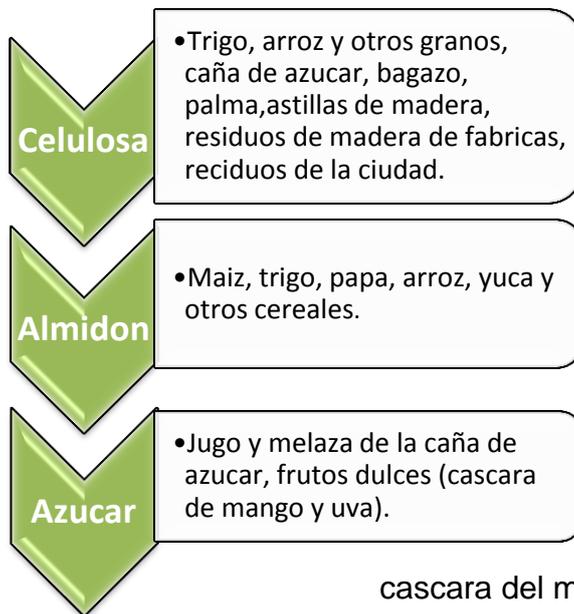
El proceso de producción de un combustible depende de muchas etapas en las cuales, el control de variables así como la materia prima, son determinantes para obtener un buen producto, en condiciones de cantidad y calidad.

**Grafica 5.** Proceso en la producción de bioetanol



#### 4.8.7 MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCION DE BIOETANOL

**Grafica 6.** Materia prima para la producción de bioetanol



Podemos obtener el bioetanol a través del procesamiento de diferentes materias primas, una de ellas es la celulosa ya que su composición es muy rica en azúcar, se obtiene mediante fermentación de zumos azucarados que, se obtienen de vegetales ricos en azúcar o mediante hidrólisis y fermentación del almidón siendo este otro componente contenido en algunos vegetales como material de reserva y por último el azúcar, también pueden ser utilizados como materia prima por lo anterior se realiza una comparación entre la cascara del mango y la uva.

(propia)

## 5. METODOLOGIA

### 5.1 TIPOS DE FERMENTACION

Se considera que la fermentación es el proceso de obtención de energía más antiguo. Sobre esa base se considera que, dadas las condiciones de la Tierra primitiva, en la que no existía oxígeno libre y donde los rayos del sol no llegaban a la superficie terrestre, los primeros organismos solo podían obtener la energía de los compuestos orgánicos mediante la fermentación, fue descubierta por Louis Pasteur, que la describió como la *vie sans l'air* (la vida sin el aire). La fermentación típica es llevada a cabo por las levaduras. También algunos metazoos y protistas son capaces de realizarla.

#### 5.1.2 OBTENCION DE BIOETANOL

**Tabla 3.** Tipos de fermentación y sus productos industriales

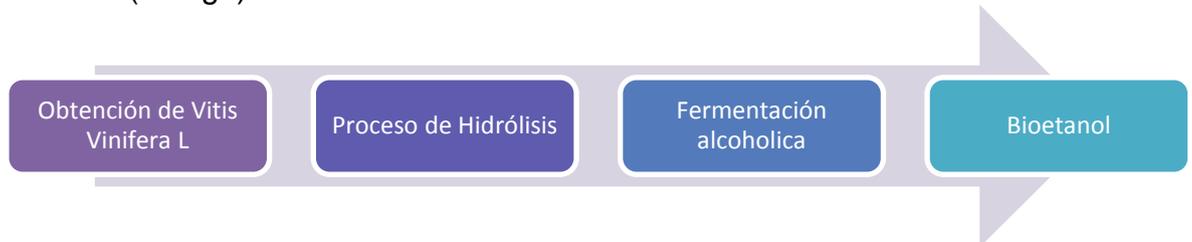
Tipo de fermentación	Microorganismos fermentadores	Sustratos	Productos
<b>Alcohólica o etanólica</b>	<i>Saccharomyces Cerevisiae</i> , <i>S. ellipsoideus</i> , <i>S. anamensis</i> , <i>S. carlsbengnesis</i> , <i>Candida seudotropicalis</i> , <i>Torulopsis</i> spp., <i>Mucor</i> spp., <i>Kluyveromyces fragilis</i> , <i>Sarcina ventriculi</i> , <i>Zymomonas mobilis</i>	Malta de cebada, cereales, arroz, maíz, trigo, jugo de la vid, caña de azúcar, melaza, sorgo, jugos de frutas, remolacha, suero de leche, soya	Etanol, vinos, cerveza, licores, bebidas destiladas, pan, salsas
<b>Propiónica o propanoica</b>	<i>Propionibacterium freundenreichii</i> , <i>P. shermanii</i> , <i>P. pentosaceum</i> , <i>Micrococcus lactylicus</i> , <i>Clostridium propionicum</i> , entre otras	<i>P.</i> Productos lácteos, glucosa, sacarosa, lactosa, pentosas, ácido láctico, ácido málico, glicerina	Ácido propiónico, ácido acético y otros ácidos
<b>Butírica o butanoica</b>	<i>Clostridium butyricum</i> y <i>Clostridium</i> spp.	Polisacáridos (almidón, glucógeno, pectina), glucosa, proteínas, aminoácidos, purinas, etanol, ácido úrico, xantina	Ácidos butírico, acético, fórmico, láctico, succínico, butanol y otros alcoholes y cetonas

( L. P. Tejada, C. Tejada, Á. Villabona, M. R. Alvear, C. R. Castillo, D. L. Henao y W. Marimón.)

En las siguientes figuras se muestran los procesos realizados para la obtención de Bioetanol comparando las condiciones de (*MANGIFERA INDICA*) el pretratamiento térmico, físico y finalmente la hidrólisis para mayor rendimiento de etanol durante la fermentación alcohólica y (*VITIS VINIFERA*) desde la obtención de uva, proceso de hidrólisis y fermentación siendo este el mismo procedimiento para la obtención de bioetanol.



**Grafica 7.** Procedimientos para la obtención de bioetanol a partir de Mangifera Indica L (Mango)



**Grafica 8.** Procedimientos para la obtención de bioetanol a partir de vitis vinífera L.(Uva)

### 5.1.3 COMPARATIVO DEL MANGO Y LA UVA APARTIR DEL PROCESO DE HIDROLISIS

Se observa que la uva fue sometida a un proceso de hidrolisis física de licuado convencional en condiciones de agitación y temperatura, la cuales se conservaron en forma constante de 30°C a 120 RPM durante una hora, el diseño a tapa evitando presurización de este y cambios a las variables, mientras al mango se le realizo un proceso de hidrolisis alcalina en el cual se utilizó la cáscara de mango seca y triturada disuelta en agua destilada. Posteriormente, la muestra se hace reaccionar en soda caustica (NaOH) a una temperatura de 50°C, durante 90 minutos con agitación constante de 125 rpm en un bioreactor de la Fundación Universitaria los Libertadores.

Basándonos en un modelo matemático se define que para mantener una constante de 30°C a 120 RPM para el caso de la UVA y nivelar las mismas variables para el mango es necesario aumentar en tiempo 10 minutos, es decir a 100 minutos.

#### 5.1.4 COMPARATIVO DEL MANGO Y LA UVA APARTIR DEL PROCESO DE FERMENTACION

Se inicia el proceso fermentación *Batch* en el frasco No 2 (Ver Imagen 4), con el 0.2% de concentración de levadura. De acuerdo a la recomendación del trabajo de investigación de la Universidad Nacional de Santa en Perú (Aurora Vigo & Barrera Chiroque, 2015). Se tomaron mediciones de glucosa, pH, % de alcohol a una temperatura y agitación constante que consiste en inocular cierta cantidad de levadura activa seca comercial (*Saccharomyces Cerevisiae*) con 2500mL del sustrato obtenido luego de la hidrolisis física.

**Tabla 4.** Medición de la glucosa, pH y % alcohol con 2500mL del sustrato.

Tiempo(horas )	MANGO			UVA		
	Glucosa(mg/dl )	pH	Alcohol %	Glucosa(mg/dl )	pH	Alcohol%
0	142	7.8	0	320	4	0
2	114	6.8	1.5	272	3,5	1,8
5	70	6.1	3	244	3	3,6
6	55	5.8	3.5	225	3	4,5
7	43	5.6	3.6	189	3	5,4
8	15	5.3	3.8	164	3	6,3

Fuente. (Lucy Jullieth Hurtado Rodríguez, Luis Antonio Jiménez Sabi, 2018)  
(Tatiana andrea Marin Carvajal, 2018)

Se realiza un cuadro comparativo en el cual se especifican los datos de los resultados obtenidos y se evidencio lo siguiente:

- Para ambas sustancias, al momento de disminuir el pH aumento el % de alcohol.
- A medida que aumentaba el tiempo (horas) disminuía la cantidad de glucosa, sin embargo, la UVA tiene mayor concentración y por ende se obtiene mayor %de alcohol.

**Imagen 4** Sistema Piloto de Fermentación en Batch del mango



Fuente: (Tatiana andrea Marin Carvajal, 2018)

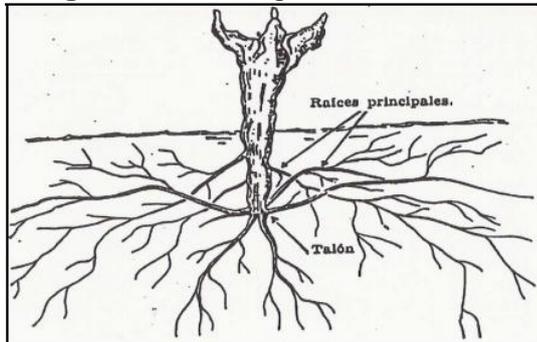
**Imagen 5** Proceso de hidrólisis y fermentación para la producción de bioetanol de la uva



Fuente:(Lucy Jullieth Hurtado Rodríguez, Luis Antonio Jiménez Sabi, 2018)

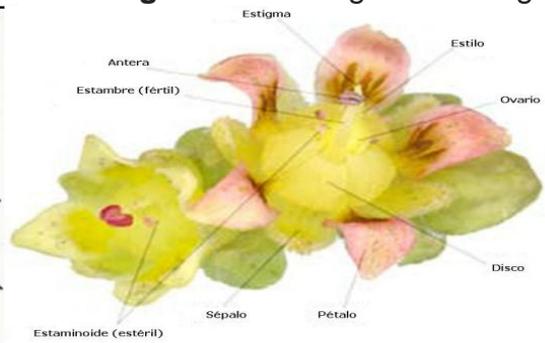
## 5.2 PRODUCCION DE MANGIFERA IND. (MANGO) Y VITIS VINIFERA (UVA)

**Imagen 6.** Morfología de la uva



(Chauvet A. y Reynier, 1984)

**Imagen 7.** Morfología del mango



(Bally, I.S.E, 2006)

Teniendo en cuenta las cifras de (DANE, Fedemango, 2018) la producción de mango ha tenido un incremento desde el año 2014 con 235.447 toneladas y en el año 2018 con 261.154 toneladas (Proyectado) siendo Cundinamarca, Tolima y Magdalena quienes representan el 68% del total de área sembrada del país seguidos por cesar, atlántico y Antioquia mientras que la producción de uva es de 30.000 toneladas por año en el cual el líder es Vale del cauca representando el 85% de la producción nacional, también hay otras zonas en donde el cultivo de uva es destacado como en Amazonas, Antioquia, Boyacá, Caquetá, Huila, Nariño, Norte de Santander, Santander, Quindío y Vaupés (Agronegocios, 2016).

Comparando estos dos frutos podemos evidenciar que el mango se puede encontrar en mayor cantidad con capacidad de cultivo en la zona centro, costa caribe, occidente y pacífica del país, cabe aclarar que son India (38,9%) y China (11,8%) los mayores productores. Colombia participa con el 0,53% de la producción mundial ocupando la posición 21 entre 93 países productores (DANE, Fedemango, 2018) en el caso de la uva la producción es mucho menor y la mayor producción se da en valle del cauca, hay que reconocer que varios países llevan años siendo protagonistas en este mercado, solo por nombrar algunos ejemplos están China, Estados Unidos, Italia, Chile, Francia y España, los cuales concentran casi 50% del mercado mundial (Agronegocios, 2016) por lo cual es mucho más adecuado en este caso utilizar el mango que adicionalmente tiene mayor desperdicio.



### 5.3 COMPARATIVO DE TAXONOMIA MANGIFERA INDICAL Y VITIS VINIFERA

**Tabla 5.** Taxonomía del mango y la uva

Ítems	MANGO	UVA
Clase	Dicotiledóneas	Dicotiledóneas
Subclase	Rosidae	Archiclamideas
Orden	Sapindales	Rhamnales
Familia	Anacardiaceae	Vitáceas
Género	Mangifera	Vitis
Subgénero	Mangifera marchand kost	Euvtis
Especie	Mangifera Indica	Vitis Indica

**Fuente.** (El cultivo del mango por Galán Victor) (Salazar y Melgarejo, 2005)

Consiste en comparar ordenadamente las características del mango y la uva con el fin de identificar sus propiedades más generales a las más específicas. Los criterios de clasificación que se utilizan están basados en las características anatómicas, morfológicas, citológicas, fisiológicas, genéticas y otras de los organismos. Lo que podemos identificar es que a pesar de que son de la misma clase sin embargo no hay ninguna similitud en cuanto al orden, familia, género y especie.

### 5.4 COMPARATIVO DE MATERIALES

En el siguiente cuadro se evidencia el comparativo de los materiales utilizados en los laboratorios realizados para la obtención de bioetanol a partir de Mangifera Indica L y Vitis Vinifera.

Se evidencia que en los dos casos se utilizaron los mismos materiales en el caso de la fermentación utilizaron 2 sistemas piloto, en la toma de datos de cantidad de glucosa utilizaron el mismo medio que en este caso fue un glucómetro y las tiras del mismo, tiras de pH para la medición de esta variable, se usaron las barras de agitación gracias al sistema de agitación diseñado, en el caso del mango se utilizó el molinillo para tritararlo un poco y el microondas para secar la fruta sin embargo en la uva se utilizó licuadora convencional para hacer el proceso de hidrolisis de licuado.



**Tabla 6.** Comparativo de materiales utilizados para la obtención de Bioetanol

Materiales	
MANGO	UVA
2 sistema de piloto de fermentación	2 sistema piloto de fermentación
Saccharomyces Cerevisiae	Saccharomyces Cerevisiae
Cáscara de mango seca y triturada	Uva isabelina ( <i>Vitis Vinífera</i> ).
Balanza de precisión	Balanza de precisión.
Alcoholímetro de inmersión	Alcoholímetro de inmersión.
Glucómetro	Glucómetro
Tiras de Glucómetro	Tiras de Glucómetro
Tiras de pH	Tiras de pH
2 barras de agitación de 51.16 mm	2 barras de agitación) 51.16mm
2 probetas de 1000 mL	2 probetas de 250ml.
1 pipeta de 25 mL	3 frascos de 100ml.
Potenciómetro	Potenciómetro.
EPP	EPP
Molinillo de Café/Triturador	Licuadora
Horno microondas	
Sistema de destilación casero	
Matraz aforado de 500 MI	

(propia)



## 6. CONCLUSIONES

- El sistema diseñado por (Cuchimaque Bolivar, 2018) mostro en las diferentes experimentaciones mantener las condiciones que se requieren para realizar una fermentación alcohólica a partir de *Eichhornia crassipes* como sustrato y como microorganismo de fermentación es posible usar *Zymomonas mobilis* o *Saccharomyces cerevisiae*.
- Se evidenció que el proceso de hidrólisis y fermentación del mango y la uva es el mismo para la obtención de bioetanol.
- La uva fue sometida a un proceso de hidrólisis física de licuado convencional en condiciones de agitación y temperatura mientras al mango se le realizo un proceso de hidrólisis alcalina en el cual se utilizó la cáscara de mango seca y triturada disuelta en agua destilada siendo el mismo proceso.
- Se obtuvo etanol por medio del sistema piloto de fermentación en Batch de la cascara de mango en la Fundación Universitaria los Libertadores, usando la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, en un promedio de 8 horas alcanzando la concentración de etanol de 3,8 %(p/v).
- Se obtuvo etanol por medio del sistema piloto de fermentación en Batch a partir de la uva común en la Fundación Universitaria los Libertadores, usando la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, en un promedio de 8 horas alcanzando la concentración de etanol de 6,3 %(p/v)
- El mango se puede encontrar en mayor cantidad en Cundinamarca, Tolima y Magdalena y el desperdicio del fruto es mayor referente a la uva que tiene menor porcentaje de desperdicio y su mayor producción es en Valle del cauca.
- La producción de mango en el año 2018 es de 261.154 toneladas (Proyectado) mientras que la producción de uva es de 30.000 toneladas lo que facilita la colección de mango referente a la uva.
- La uva produce mayor contenido en bioetanol ya que su contenido en glucosa es 20 gr de azúcar por cada 100 gr de fruta siendo superior al contenido de glucosa del mango con un 14,8 gr de azúcar por cada 100 gr



## 7. RECOMENDACIONES

- En los resultados fermentativos demuestran que la concentración de la levadura en un 0.2% (p/v) se obtiene buen rendimiento de etanol. Así mismo, se recomienda que para trabajos futuros mantener las condiciones de la levadura en un rango de 3.5 a 5.5 de pH para mejores resultados de producción de etanol.
- Se recomienda según (Cuchimaque Bolivar, 2018) que el paso a seguir sea una fermentación alcohólica utilizando como sustrato la Uva común y *Saccharomyces cerevisiae*, con el fin de desafiar el sistema en una fermentación alcohólica bajo condiciones muy conocidas y estudiadas que sean variables base a los rendimientos de fermentaciones alcohólicas con sustratos más complejos como los de ligninas.
- Se recomienda aprovechar mejor los desechos de mango ya que se encuentra gran cantidad en descomposición, recordemos que la producción y el desperdicio del mango es mayor referente a la uva, por lo tanto se pueden utilizar para la producción de bioetanol.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Cuchimaque, Y. A. (2018). Diseño y optimización de un sistema piloto de fermentación en batch para la producción de biotanol. bogota.
2. Abril, A., & Navarro, E. A. (2012). Etanol a partir de biomasa lignocelulósica. Aleta. LIBRO
3. Salinas Callejas, E., & Gasca Quesada, V. (septiembre-octubre de 2009). Los biocombustibles. El cotidiano(157), 75-82
4. Amaris, J. M., Manrique, D. A., & Jaramllo, J. E. (Jul/Dic de 2015). Biocombustibles Líquidos en Colombia y su Impacto en los Motores de Combustión Interna. El reventón Energético, 13(2), 23-34.
5. Torres Leon, C., Rojas, R., Contreras Esquivel, J., Serna Cock, L., Belmares Cerda, R., & Aguilar, C. (2016). Mango seed: Functional and nutritional properties. ELSEVIER, 109-117.
6. Balcazar Suarez, Y. E. (2008). Desarrollo de un prototipo de destilador solar para obtener bioetanol a partir del vino de mango (*Mangifera indica* L). Zamorano, Honduras
7. Han Seer, Q., & Nandong, J. (2016). Advanced Expanded Microbial Kinetics (EMK) Model for Ethanol. ScienceDirect, 417-425
8. Nieves, D. C., Cardenas, L., Alvarez, G., Aguilar, C., Llina, A., & Martinez, J. L. (21-26 de junio de 2015). Producción de Bioetanol a partir de residuos de corteza de árboles de mango bajo diferentes esquemas de proceso de sacarificación y fermentación. XVI Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Guadalajara, Jalisco, Mexico.
9. (Carvajal Marín Tatiana, 2018) producción de bioetanol a través de la fermentación en batch de la cáscara de mango (*Mangifera indica*) usando como inóculo la *Saccharomyces cerevisiae*
10. Peñaranda Gonzalez, L., Montenegro, S. P., & Giraldo Abad, P. A. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. Investigación Agraria y Ambiental, 8(2).
11. Martínez Amell, D. M. (2008). simulación y diseño de una planta productora de bioetanol a partir del mango hilaza en el departamento de sucre. Sucre



12. Hurtado Rodríguez, L. J., & Jiménez Sabi, L. A. (2018). proceso de fermentación alcohólica a partir de uva común (*Vitis vinifera*), validando un sistema piloto de fermentación en batch para ser usado a futuro en la producción de bioetanol. Bogotá
13. Previamente publicado en inglés: Parrotta, John A. 1993. *Mangifera indica* L. Mango. SO-ITF-SM-63. New Orleans, LA: U.S.
14. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 6 p
15. Revista el conocedor, 2015 "Vitis Vinifera"  
<http://revistaelconocedor.com/vitis-vinifera/>
16. Almanza, Pedro J. 2011 Determinación del crecimiento y desarrollo del fruto de vid (*Vitis Vinifera* L.) bajo condiciones de clima frío tropical.
17. Fregoni, M. 2005a. La geografía mondiale delle uve da tavola. L'Informatore Agrario 48: Supplemento n.1 Uva da tavola, 11-14.
18. Levtona, Fabiola. (2006). Revista Ciencia y Tecnología: Energías "Alternativas": el Etanol
19. Documento Conpes 3344 de 2015. lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire
20. DNP (Departamento nacional de planeación) 2018. Calidad del aire
21. Fengel, D., & Weneger, G. (1984). Chemistry. Ultrastructure. Reactions.
22. Rittmann, B., & McCARTY, P. (s.f.). biotecnología del medio ambiente principios y aplicaciones. 2001: mcgraw hill
23. Universidad Nacional del Sur de Argentina. (2014). Obtenido de Reactores Químicos y Biológicos:  
<http://www.criba.edu.ar/cinetica/reactores>
24. Vázquez, H., & Dacosta, O. (2007). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. INGENIERÍA Investigación y Tecnología VII, 249-259.



## RECURSOS ELECTRONICOS

25. [Http://hi-techautomatizacion.com/wp-content/uploads/2013/05/Planta-deproducci%C3%B3n-de-Bioetanol-por-Biomasa-UV.pdf](http://hi-techautomatizacion.com/wp-content/uploads/2013/05/Planta-deproducci%C3%B3n-de-Bioetanol-por-Biomasa-UV.pdf)
26. (Proceso de producción de bioetanol) [Http://www.canabrava.com.pe/wp-content/uploads/2015/03/El-proceso-del-etanol-paso-a-paso.pdf](http://www.canabrava.com.pe/wp-content/uploads/2015/03/El-proceso-del-etanol-paso-a-paso.pdf)
27. Grupo Manuelita. 2007. Quienes Somos, Historia: El Etanol en el Mundo, El Etanol en Colombia. Disponible en: [http://www.manuelita.com/html/sitio/index.php?View=vistas/es\\_ES/pagina\\_219.php #2](http://www.manuelita.com/html/sitio/index.php?View=vistas/es_ES/pagina_219.php#2)
28. Química.unam. (2016) <https://quimica.unam.mx/wpcontent/uploads/2016/12/12etanol.pdf>
29. (Centrales termoeléctricas de biomasa, RENOVETEC, 2013) Garcia, G, Santiago
30. [Http://www.plantasdebiomasa.net/indice-libro-biomasa-renovetec.pdf](http://www.plantasdebiomasa.net/indice-libro-biomasa-renovetec.pdf)
31. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. 2015. La uva sin semilla germina en Colombia
32. [Https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/La-uva-sin-semilla-germina.aspx](https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/La-uva-sin-semilla-germina.aspx)
33. Ministerio de Minas y Energía. (s.f.). El Programa de Biocombustibles en Colombia. Obtenido de [minminas.gov.co](http://minminas.gov.co): <https://www.minminas.gov.c>
34. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016 “A 2018 Colombia tendrá una tasa de reciclaje del 20%”
35. [Http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/2291-a-2018-colombia-tendra-una-tasa-de-reciclaje-del-20](http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/2291-a-2018-colombia-tendra-una-tasa-de-reciclaje-del-20)
36. Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia. (s.f.). [Http://www.fedebiocombustibles.com](http://www.fedebiocombustibles.com). Obtenido de fedebiocombustibles.
37. Indicadores e Instrumentos ENERO 2018, Ministerio de agricultura y desarrollo.
38. [Https://sioc.minagricultura.gov.co/Mango/Documentos/002%20%20Cifras%20Sectoriales/002%20-%20Cifras%20Sectoriales%20-%202018%20Enero%20Mango.pdf](https://sioc.minagricultura.gov.co/Mango/Documentos/002%20%20Cifras%20Sectoriales/002%20-%20Cifras%20Sectoriales%20-%202018%20Enero%20Mango.pdf)