

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTE
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICAS
SECCION QUIMICA



OBTENCION DE ETANOL, APARTIR DE MELAZA DE CAÑA DE
AZUCAR COMO UNA ALTERNATIVA BIOENERGETICA PARA LA
ZONA ORIENTAL

TRABAJO DE GRADUACION

PRESENTADO POR:
BR. JUDITH LISETH CRUZ SALMERON

PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADA EN CIENCIAS QUIMICAS

DOCENTE DIRECTOR:
LIC. RENE SEGOVIA CALDERON

DOCENTE METODOLOGICO
ING. VLADIMIR AMERICO AYALA LARAMA

AGOSTO 2010

SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

ING.RUFINO ANTONIO QUEZADA

VICERRECTOR ACADEMICO:

MASTER. MIGUEL ANGEL PEREZ RAMOS

VICE-RECTOR ADMINISTRATIVO:

MASTER. OSCAR NOE NAVARETE

SECRETARIO GENERAL:

LIC.DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ

FISCAL:

DR.RENE MADECADEL PERLA JIMENEZ

AGOSTO 2010

SAN MIGUEL

EL SALVADOR

CENTRO AMERICA

**AUTORIDADES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL**

DECANO:

DR. ANA JUDITH GUATEMALA DE CASTRO

SECRETARIO:

ING: JORGE ALBERTO RUGAMAS RAMIREZ

**JEFE DE DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y
MATEMATICA:**

LIC. ABEL MARTINEZ LOPEZ

AGOSTO DE 2010

SAN MIGUEL

EL SALVADOR

CENTRO AMERICA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA

COORDINADOR DEL DEPARTAMENTO DE QUIMICA:

LIC. PEDRO ULISES NAVARRO

COORDINADOR DE PROCESO DE GRADUACION:

LIC. RAUL ALFARO

DOCENTE DIRECTOR:

LIC. RENE SEGOVIA CALDERON

ASESOR METODOLOGICO:

ING. VLADIMIR AMERICO AYALA LARAMA

DEDICATORIA

A Dios: por darme la sabiduría, paciencia y guiarme por el camino del bien para culminar mis estudios con éxitos.

A mí amada madre: Deysi Salmerón de Cruz, que es lo más sagrado que tengo por darme todo su amor apoyo y comprensión en mis estudios

A mi padre: Pastor Cruz Castro Por inculcarme siempre los buenos meritos de los estudios, a mi tía Mardemis Álvarez que es una segunda madre para mí por sus buenos consejos y apoyo incondicional en mi vida.

A mis abuelos Catalina Salmerón (Q.D.D.G) y Erlindo Álvarez (Q.D.D.G) que siempre serán un gran ejemplo de motivación para mi vida.

A mis hermanos: Deysi Ruth, Ingrid Mardenis, Yeni Briseida, Carlos Alfredo, Zaira Maryori, Cilian Anderli, por brindarme su apoyo y momentos muy felices.

A mis primos: Sstarllin Yamileth, Geraldine Arleth, Anderson Enrique por darme alegría.

A mis hijas las gemelas Ximena Yuleisi, Ariana Yorgelis que son el regalo más preciado que Dios me dado, a mi esposo José Fredi Fuentes por su confianza y apoyo.

Br: Judith Liseth Cruz Salmerón

AGRADECIMIENTO

A la familia Reyes Alvares Que ha sido un gran soporte para mí durante toda mi carrera.

Lic. René Segovia calderón, por asesorarme de igual manera al Ing. Vladimir Ayala por su apoyo y asesorías

Lic. Irma Lucia vides por motivarme a seguir adelante con mis estudios.

Ing. Luis Giron, Ing. Williams Molina, Ing. Mario Clímaco y Lic. Jorge Lemus, Lic. María Bercian Cruz, Lic Carlos Alfredo Martínez por proporcionarme material bibliográfico e instrumentos de laboratorio.

Al Ingenio Chaparrastique por proveerme la materia prima

Ingenio la Cabaña por abrirme sus puertas y permitir realizar los análisis de Cromatografía líquida y grado alcohólico.

Al Ing. Antonio Portillo encargado de la destilería de etanol de la cabaña, por mostrarme todo el proceso de la fabricación del etanol.

A mis amigos Marvin Williams Veliz, Claudia Mabel García, Merary Urania Rosales, Ismar Navarrete por estar siempre conmigo.

A todo El personal del departamento de ciencias Químicas.

INTRODUCCION

Los combustibles fósiles, el petróleo y sus derivados como fuente de energía renovable están presentando señales de agotamiento; Y se estima que a mediano plazo ya no será posible cubrir la demanda mundial, esta situación sumada a la contaminación ambiental y al calentamiento global, provocados en gran medida por el uso de los hidrocarburos líquidos naturales.

Los altos precios del petróleo están relacionados con los acontecimientos políticos, los cuales influyen en gran manera en el proceso de extracción del petróleo, esto afecta de forma inmediata el precio de los combustibles y el costo de la producción industrial y servicios.

Todo lo anteriormente mencionado hace que los países que no son autosuficientes en el suministro de combustibles fósiles como lo es nuestro país El Salvador que invierte parte de sus divisas en la importación de hidrocarburos. Desde esta perspectiva la búsqueda de productos capaces de reducir la dependencia del petróleo, lo cual es una tarea importante y urgente la obtención de biocombustibles como una alternativa bioenergética.

El sector agropecuario tiene un gran potencial como proveedor de la materia prima para la generación de energía, basta con mencionar la producción de combustibles sólidos (Leña, Carbón vegetal, y residuos de procesos industriales)

gaseosos (Biogás) líquidos (Biodiesel y etanol). Las plantas más adecuadas para la producción de energía suelen ser las que crecen con rapidez y producen

Material leñoso de fácil combustión, los que producen aceites de alto valor calórico son la soya, la palma, girasol, y el resino, También las plantas que tienen alto contenido de azúcares que se prestan a la fermentación como la caña de azúcar y la remolacha.

El biodiesel es un combustible sintético, similar al diesel que se produce de los aceites vegetales, grasa animal o grasa de cocina reciclada. Puede utilizarse directamente como combustible, lo que requiere algunas modificaciones en el motor, o puede ser mezclado con el diesel de petróleo.

El biodiesel se obtiene de un proceso de transesterificación del que se derivan productos como Ester-metílico (Nombre químico del biodiesel) y glicerina un valioso subproducto utilizado para la fabricación de jabones y otros productos. El etanol es producido por la fermentación biológica de los hidratos de carbono de materia vegetal puede utilizarse directamente en automóviles diseñados para funcionar con etanol puro o mezclado con la gasolina para producir "gasohol" también llamado "carburol". Para la mezcla se utiliza etanol deshidratado.

En general no es necesario modificar el motor, puede añadirse directamente a la gasolina sin plomo para aumentar los octanos y reducir la contaminación en sustitución de los aditivos químicos como el MTBE (Metil etil Terbutílico). Especialmente sobre la obtención del etanol se centra este estudio como una alternativa bioenergética.

En la cual, la caña de azúcar es el elemento primordial de la que se produce azúcar, energía eléctrica, etanol, y fertilizante donde los subproductos del azúcar son aprovechados en gran manera el bagazo es quemado para la generación de vapor luego es transformado en energía eléctrica, la melaza contiene la glucosa que se concentra luego de la obtención del azúcar y es la materia prima para la producción de etanol. La vinaza el producto resultante de la fabricación del etanol la cual se utiliza como fertilizante mediante compost al suelo.

Actualmente en la zona oriental contamos con un ingenio el cual se encarga de procesar, la caña cultivada en la esta región para la elaboración del azúcar. Es de gran importancia aprovechar al máximo la materia prima como la melaza; nos referimos a la melaza porque, esta presenta ventajas económicas además de que ha sido utilizada en la industria alcoholera en diversos países, incluyendo el nuestro. Por lo que la utilización de la melaza para la obtención del etanol se convierte en un factor primordial para el desarrollo biotecnológico la cual es una alternativa válida, para la elaboración de esta investigación.

RESUMEN

Ante el agotamiento y encarecimiento de los combustibles fósiles, como el petróleo, surge la idea de la búsqueda de alternativas que sustituyan al petróleo. En esta investigación nos hemos basado del etanol, como una alternativa bioenergética; Utilizándose aquí como materia prima la melaza el cual es un subproducto de la caña de azúcar.

La melaza es proveniente del Ingenio Chaparrastique único en la zona Oriental, Luego es trasladada al Laboratorio de Química de la F.M.O de la Universidad de El Salvador, la melaza fue preservada a una temperatura de 30°C para que las muestras permanezcan inalterables.

Se realizan una serie de análisis pre operacional a la melaza como Brix Hidrométrico,(88.49% a 87.60%)Azúcares Reductores,(12.66% a 12.28%) infermentables(3.20% a 3.95%), pH (5.61 a 5.74) Sacarosa(33.02% a 34.46%) Pureza;(32.42% a 33.46%) Para luego proceder a la fermentación Hay una serie de métodos de fermentación de los cuales se elige el método de fermentación por decantación.

El vino obtenido de la fermentación se le realiza una destilación fraccionada este es un método físico utilizado en los laboratorios el cual consiste en la separación de compuestos con diferentes puntos de ebullición.

Al producto obtenido de la destilación se le realizan una serie de destilaciones simples para eliminar agua y otros compuestos presentes, luego se realizan análisis que caractericen al etanol como Tiempo de permanganato (2.0, 1.72, 1.55, 0.0 minutos) Grado alcohólico (96.51v/v), Turbidez (0.0), Acidez (3.1, 2.5, 1.2, 0.061) y Cromatografía líquida. (Ver certificado de análisis), Por lo tanto la finalidad de esta investigación es obtener etanol para utilizarlo como combustible y se logro.

INDICE

Introducción-----	i
Resumen-----	ii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
Planteamiento del problema-----	1
1.1 Justificación-----	3
1.2 Objetivos-----	5
1.3 Antecedentes-----	6
CAPITULO II MARCO TEORICO	
Generalidades-----	9
2.1 Producción de Etanol a nivel Mundial-----	13
2.2 Características generales de la Caña de azúcar-----	26
2.3 Definición de las Melazas-----	27
2.4 Composición de las Melazas-----	28
2.4.1 Azucares-----	28
2.4.2 No Azucares-----	29
2.4.3 Compuestos Nitrogenados-----	29
2.4.4 Ácidos-----	30
2.4.5 Fenoles y compuestos Volátiles-----	30
2.4.6 Microorganismos de la melaza-----	31
2.4.7 Aprovechamiento de la melaza-----	31
2.4.8 Almacenamiento de la Melazas-----	32
2.5 Propiedades Físico Químicas de las melazas-----	33

2.5.1	pH-----	34
2.5.2	Calor Especifico Conductividad Térmica-----	35
2.6	Fermentación-----	35
2.6.1	Ciclo de Fermentación -----	36
2.6.2	Agentes de fermentación -----	37
2.6.3	Aspectos de la Fermentación-----	38
2.6.4	Temperatura de Fermentación-----	39
2.6.5	Tiempo de Fermentación -----	39
2.7	Contaminaciones-----	40
2.8	Nutrientes-----	40
2.9	Substrato (Mosto)-----	41
2.10	Brix y Azucares Reductores Totales-----	41
2.11	Acidez y Ph -----	42
2.12	Atenuación del Brix-----	42
2.13	Aspecto de la Espuma-----	43
2.14	Olor-----	43
2.15	Azucares Reductores Residuales-----	44

CAPITULO III DISEÑO METODOLOGICO

	Diseño Experimental-----	45
3.1	Lugar de Muestreo-----	45
3.2	Recolección de Muestras-----	45
3.3	Tratamiento y Preservación de las Muestras-----	45
3.4	Traslado de las muestras-----	46

3.5 Parte Experimental-----	46
3.5.1 Densidad-----	46
3.5.2 Fermentación por Decantación -----	46
3.5.3 Destilación Fraccionada-----	48
3.5.4 Dilución de la Melaza-----	49
3.5.5 Clarificación de la Melaza-----	49
3.5.6 Fermentación Continua-----	50
3.5.7 Fermentación Discontinua-----	50
3.6 Tratamiento de la levadura-----	50
3.7 Destilación -----	51
3.8 Análisis de brix por Hidrometría-----	52
3.9 Azúcares reductores en melaza-----	54
3.10 Determinación del Ph-----	56
3.11 Determinación de acidez Total-----	57
3.12 Tiempo de permanganato-----	58
3.13 Determinación de los componentes Orgánicos del etanol por Cromatografía-----	59
3.14 Determinación de Azúcares Fermentables Método Indirecto-----	60
3.15 Determinación de Turbidez por Aspecto Visual-----	62
CAPITULO IV EQUIPO MATERIAL Y REACTIVOS	
4.1 Equipos-----	63
4.2 Material-----	64
4.3 Reactivos-----	65

4.4 Resultados Finales de los análisis de la melaza-----	66
4.5 Porcentajes de Rendimientos obtenidos del etanol-----	66
4.6 Análisis Realizados al etanol obtenido-----	67
4.7 Interpretación de Resultados-----	68

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones y Recomendaciones-----	70
5.1 Conclusiones-----	70
5.2 Recomendaciones-----	71

CAPITULO VI

Bibliografía-----	72
-------------------	----

Anexos

CAPITULO I

1.0 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agotamiento de los combustibles fósiles, que es un problema que afecta el desarrollo de la vida de las sociedades y hace imperativa la investigación y uso de nuevos combustibles, un potencial fuerte de energías nuevas con la utilización de biomasa de la cual es extraído el etanol producido de la fermentación de azúcares, el etanol debidamente procesado, poco a poco comienza a penetrar como combustible en el mercado internacional.

El etanol es producido por la fermentación de plantas que contienen azúcares. Para uso comercial o industrial siempre es desnaturalizado, es decir que se le adicionan pequeñas cantidades de sustancias nocivas, cuando el etanol se usa como combustible para transporte, este se usa mezclado con gasolina.

Según la iniciativa por el aire limpio en las ciudades de Latinoamérica, casi todos los vehículos existentes en el mercado tolerarían sin problemas la mezcla de gasolina con etanol.

Una de las ventajas del etanol es que es un recurso renovable, lo que disminuye la dependencia del petróleo en los países no productores, que deben importarlo, por otro lado es energéticamente eficiente.

Además tiene altas ventajas comparativas con los combustibles fósiles, porque produce menos emisiones de gases contaminantes según el departamento de energías de los EE.UU, el etanol produce menos monóxido de carbono que la gasolina común y corriente, su uso como combustible para automóviles reduce la producción de gases que producen el efecto invernadero en un 85%, por lo que es el principal candidato para reemplazar y renovar los estándares de los países firmantes del protocolo de Kyoto , sin embargo existe acuerdo en que el uso del etanol sin mezclarlo gasolina seria mucho menos contaminante, pero requeriría la transformación de los vehículos para su uso.

1.1 JUSTIFICACION

La búsqueda de alternativas bioenergéticas, es una de las tareas que se busca con la implementación de energías renovables en nuestro medio; El etanol es la propuesta basada en este estudio. ¿Porque el etanol como una alternativa bioenergética en la zona oriental? Porque el petróleo y sus derivados representan los principales productos de importación y el consumo anual es 100% importado.

El etanol es un compuesto renovable y se espera que con el tiempo aumente la producción, sin afectar al medio ambiente, tomando en cuenta que el etanol tiene menor impacto sobre el cambio climático, que los combustibles fósiles. Una de las ventajas sobre la producción del etanol es la reactivación del agro, para poder obtener suficiente Etanol contamos con tierras aptas para el cultivo de caña, actualmente contamos con un 90% de producción de caña donde un 60% son cooperativas y un 40% son independientes.

La producción de etanol es un proyecto viable para la zona oriental, tomando en cuenta que contamos con suficiente materia prima disponible (Melaza), también se estaría generando más empleos permanentes los cuales se pueden lograr con el uso de mezclas de etanol-gasolina.

Un beneficio sobre el uso del etanol carburante es la reducción de dióxido de carbono emitido por la flota de vehículos, con esto se espera un impacto positivo

sobre el medio ambiente y mejorar la salud de las personas que habitan en las ciudades, algunos efectos positivos sobre el uso del etanol mediante mezclas con la gasolina son. Reduce los gases de efecto invernadero (GEI). Mejorara la calidad del aire y del agua, Su combustión produce un efecto oxigenante, además es un compuesto biodegradable.

La producción y utilización de etanol tiene beneficios económicos de igual manera independencia y diversificación energética, mejorara el balance comercial reteniendo divisas que antes se destinaba para la importación de hidrocarburos.

El uso del etanol mediante mezclas tiene sus ventajas. Aumenta el octanaje del combustible en diez unidades, Aumenta la limpieza del motor, Disminución de las detonaciones y fallas en las bujías y el carburador. Todos estos beneficios anteriormente mencionados sugieren que la producción del etanol representa una gran oportunidad, tanto para los productores, conductores y la población en general de la zona oriental.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Obtener etanol a partir de melaza de caña de azúcar, por el método de fermentación por decantación y destilación fraccionada como una alternativa bioenergética para la zona oriental.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Efectuar análisis pre-operacionales a la melaza, con el propósito de verificar el porcentaje de azúcares fermentables contenidos en la fermentación alcohólica.
- Realizar destilación fraccionada al vino producido de la fermentación del mosto, para extraer el etanol y eliminar impurezas y productos secundarios contenidos en el vino.
- Determinar el porcentaje de rendimiento del etanol obtenido según la cantidad de materia prima utilizada para la producción.

1.3 ANTECEDENTES

Para que nuestro país se involucre de lleno en el tema de las energías renovables, es necesario que la iniciativa sea liderada por el gobierno y apoyada por la empresa privada y por las organizaciones que están comprometidas con el desarrollo sostenible del país, es decir se requiere de un paquete de asistencia técnica para facilitar la producción del etanol como el BID, IICA, FAO, OEA. En este sentido es imprescindible aprobar leyes que permitan asegurar la rentabilidad de las inversiones en el campo energético, mediante un sistema de establecimiento de precios, la protección arancelaria y la fijación de del plazo de contratos¹.

Hay dos sectores bien definidos con la producción de biocombustibles, el primero lo forman los grandes empresarios e ingenios y el segundo, los pequeños productores. Los dos sectores están trabajando en la producción de etanol para combustible, estos sectores tienen contactos internacionales, para capturar tecnología y conocimientos.

El grupo más representativo son los cañeros afiliados a la cámara agropecuaria y agroindustrial, y los pequeños productores están trabajando en la producción de biodiesel a base de higüerillo (Recinos comunis) y tempate (Jatrophas curcas).

En el 2003- 2004. Se dedicaron 92,910 manzanas a la producción de caña de azúcar, es decir 197,000 hectáreas. En el 2006, se estimo una reducción en el área sembrada de aproximadamente 372.6 hectáreas, sin embargo se espera que para

¹. Salvador E. Rivas. Biocombustibles en el Salvador, ministerio de economía.

los años siguientes, se experimente un incremento en la producción agrícola. Etanol Producción y costos por hectárea y tonelada. No se tienen datos sobre la producción ya que ningún ingenio dedica toda su actividad a producción de etanol.

Para producir un litro de etanol se necesita de 2.5 a 3 galones de melaza, según los datos proporcionados por México se pueden obtener 26.62 galones de etanol por tonelada de caña o unos 1480 galones de alcohol por manzana cultivada, así mismo según afirma el único productor de etanol del país (Ingenio la Cabaña), en la actualidad se está produciendo a un costo estándar normalmente aceptados de \$0.40 a \$0.45 por litro de etanol, el ingenio señala que sus costos son mayores, pero que en condiciones adecuadas de producción se pueden lograr costos similares² De momento el ingenio la Cabaña produce etanol y este es exportado en su totalidad, este ingenio tiene una capacidad de producir 120 mil litros por día de etanol, hay posibilidad de ampliar dicha planta. Una mezcla de 10% de etanol con 90% de gasolina para ser usada en el mercado nacional representa una demanda de 15 millones de galones al año. La cabaña con su capacidad actual puede producir 11, 571,994 galones de etanol por año.

También existe la posibilidad, de establecer una planta de etanol con apoyo de Brasil y Estados Unidos, la planta tendría una capacidad de 300 mil litros al día si se establece esta planta podrían producir 29 millones de galones de etanol al año, generando un excedente exportable.

² Nogueira Horta Luís Augusto , Costos y precios para el etanol combustible en América central y el Caribe

El país no cuenta con ninguna institución encargada, de temas de investigación sobre el azúcar y etanol. Disponibilidad de cultivos sustitutos para producir etanol, nuestro país cuenta con una serie de productos con alto contenido de sacarosa, como la caña de azúcar, las melazas, y el sorgo dulce, que se adaptan a las condiciones climáticas del país, los programas públicos y privados de producción y uso del etanol, el gobierno se halla sumamente interesado en impulsar un programa de producción y uso del etanol.

El salvador fue seleccionado en 150 países productores de azúcar, para el plan piloto de Estados Unidos y Brasil, los presidentes de ambos países anunciaron la instalación de la planta para impulsar la producción de etanol, según la iniciativa presidencial sobre el etanol, la producción estará en manos del sector privado y no de la responsabilidad del gobierno.³

Este estudio está centrado para la zona oriental del país, en esta zona se cuenta solo con el ingenio Chaparrastique del cual es proveniente la materia prima, para la obtención del etanol, en esta zona del país no se cuenta con la experiencia de producción y comercialización de etanol.

³³ Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las Américas. IICA.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.0 GENERALIDADES.

El etanol es un producto que sus primeras producciones iniciaron aproximadamente hace 100 años; En 1908 Henry Ford diseño el primer automóvil “modelo T” con la idea que funcionara con etanol⁴. Rudolf Diesel, diseño su motor diesel que funcionara con aceite de vegetales, haciendo sus primeras pruebas con aceite de cacahuete, la historia registra que en 1920-1924. Estándar Oil compañía comercializo un 25% de etanol en la gasolina vendida en el área de Baltimore, Estados Unidos⁵.

En 1925 Henry Ford dijo que el combustible del futuro se derivara de los productos agrícolas. Hasta que estos mismos personajes descubrieron que el “aceite de piedra” (petra óleum), después de una ligera refinación daba mayor rendimiento por litro y a demás era más barato, En 1927 el primer Ford venia equipado de fabrica con un carburador de regulación manual para dar al comprador del vehículo la posibilidad de usarlo con gasolina o con alcohol.

En mayo de 1928 se llevo a cabo la primera experiencia práctica, utilizándose, una mezcla comprendida de 15% de petróleo crudo y 5% metileno y 80% de alcohol. En esos años, era el combustible de mayor disponibilidad, sin embargo, ha medida que el automóvil se volvió más popular se comenzó a utilizar los combustibles derivados

⁴ CETRA. Centro de investigaciones y desarrollo de transporte.

⁵ Trejo García Elma del Carmen; Estudio de derecho comparado y marco jurídico internacional sobre biocombustibles/bioenergéticos; Centro de documentación, información y análisis.

del petróleo y junto con ello fue desapareciendo el empleo del etanol, durante la segunda guerra mundial, el alcohol alcanza a nivel mundial una extraordinaria demanda, pero deja de utilizarse.

Es hasta los años setentas que la crisis del petróleo hace que de nuevo se comience a intensificar el uso del alcohol como combustible automotor⁶

En 1977, se reinician los estudios del etanol como carburante. En la actualidad El etanol y los biocombustibles han estado atados a los precios internacionales del petróleo que ha su propio progreso tecnológico, apareciendo cuando el petróleo encarece y bajando su demanda cuando el petróleo desciende su precio.

El petróleo es un recurso no renovable y se debe buscar innovación o alternativas tal es el caso de algunos países como Brasil que es el principal productor de etanol a nivel mundial, Estados Unidos, Alemania, China, India, Japón y los países de centro América, Están avanzando, de igual manera los países de América latina están avanzando en el fomento y promoción de la industria de los biocombustibles y específicamente en el etanol, a partir de caña de azúcar, maíz, sorgo dulce, y otras biomásas.

La escases crecientes del petróleo en el mundo y el lento resultado del desarrollo de sus sustitutos han provocado un incremento paulatino del precio del petróleo, que a diferencia de las crisis petroleras del pasado llego para quedarse. En el futuro ya no

⁶ CETRA. Centro de investigaciones y desarrollo de transporte.

volveremos a contar con precios internacionales similares a los del pasado los barriles de 30 o 40 dólares ya no volverán⁷.

El eminente agotamiento en el corto plazo del petróleo en el mundo y su consistente aumento del precio, además de las mayores presiones por disminuir la contaminación del planeta han provocado la búsqueda de sustitutos obligando a volver la mirada hacia los biocombustibles.

⁸El alto precio del petróleo en el mundo ha hecho rentable la producción de etanol como combustible para el aumento en la producción y uso generalizado del etanol en la sociedad, la investigación ha sido muy trascendente.

Se observan cambios ante en los adelantos tecnológicos apoyados por los gobiernos de diferentes países. En las regiones donde ha aumentado la producción de etanol la investigación en esta materia se ha convertido en una política pública respaldada por diferentes leyes reglamentos.

La producción de etanol ha tenido un crecimiento casi exponencial en los últimos años a escala mundial; Con el etanol en primer lugar tanto en volumen como en lanzamiento, el biodiesel en segundo lugar, hoy en día existe la firme consideración de que sean los sustitutos inmediatos de los combustibles de origen fósil o mineral no renovables.

⁷ Trejo García Elma del Carmen; Estudio de derecho comparado y marco jurídico internacional sobre biocombustibles/bioenergéticos; Centro de documentación, información y análisis

⁸ Trejo García Elma del Carmen; Estudios de derecho comparado y marco jurídico internacional sobre biocombustibles /bioenergéticas; Centro de documentación ,información y análisis

Los biocombustibles han estado sujetos a discusiones desde diferentes ángulos Así como las cuestiones de sustentabilidad impactos ambientales, eficiencia energética, rentabilidad e impactos, la estructura agrícola, en el mundo está cambiando velozmente a raíz de la fiebre de por los agro combustibles.

Algunos países desarrollados y países en desarrollo están estableciendo marcos de reglamentación para los biocombustibles incluidos objetivos de referencia para su mezcla con los combustibles fósiles.

El aumento de la producción, utilización y el comercio internacional de biocombustibles puede frenar el proceso del calentamiento global y ofrecer a los países en desarrollo una oportunidad de diversificar su producción agrícola, aumentar los ingresos rurales y mejorar la calidad de vida, puede así mismo incrementar la seguridad energética y reducir el gasto de las importaciones de energía fósil⁹.

El etanol es un producto muy dinámico con un fuerte crecimiento. Algunos países en desarrollo se han beneficiado de este dinamismo, incluso de los acuerdos comerciales preferenciales existentes, el comercio internacional de las materias primas para la producción de etanol, la comercialización de materias primas a nivel internacional puede ofrecer oportunidades de ganancia para los países.

⁹6. Comunicado de prensa de la unión europea :<http://www.europea.eu.int/rapid/press>

No obstante, los biocombustibles se enfrentan a aranceles y medidas no arancelarias, que pueden contrarrestar la ventaja que representan los bajos costos de producción en los países productores. Un sistema más liberal contribuiría considerablemente al logro de los objetivos económicos, energéticos, ambientales y sociales de los países.

2.1 PRODUCCION DE ETANOL A NIVEL MUNDIAL

La Unión Europea: La producción de biocombustibles de la unión europea ascendió en el 2004 a 2900 millones de litros de los que 620 millones de litros corresponden al etanol, y los restantes 2300 millones corresponden al biodiesel. Las materias primas para la producción de etanol son cereales y remolacha azucarera, mientras que el biodiesel se obtiene principalmente de la semilla de colza¹⁰.

La Unión Europea es el mayor productor mundial de biodiesel, del que Alemania produce más de la mitad total. También Francia e Italia son importadores de biodiesel, y España es el productor comunitario del etanol.

En la actualidad, los biocombustibles, producidos en el interior de la Unión Europea no son competitivos, principalmente por el elevado precio de las materias primas comunitarias. A pesar de la reciente reforma del sector azucarero, se prevé que

¹⁰ Comunicado de prensa de la unión Europea: <http://www.europa.eu.int/rapid/press>.

los precios comunitarios del azúcar seguirán situándose, considerablemente por encima de los mercados internacionales, por lo que seguirá siendo una materia prima cara¹¹.

El biodiesel producido en la UE es competitivo con el precio del petróleo en torno a \$72 por barril y el etanol \$107 por barril¹².

Es posible que los costos de producción se reduzcan en los próximos años¹³.

Asía nuevos pasos hacia los programas de biocombustibles el ministerio de industria de Tailandia, ha concedido licencias a ocho compañías privadas para construir plantas de producción de etanol, dichas plantas producirán 1.5 millones de litros diarios.

Cuatro de estas plantas usaran melazas como ingrediente base y materia prima. Una de las compañías que ha obtenido la licencia de funcionamiento, está gestionando ante el gobierno la eliminación del MTBE, a fin de garantizar el éxito del etanol como producto sustituto de la gasolina¹⁴.

India decreta la mezcla del E-5; El gobierno indio ha decretado que nueve estados y cuatro áreas bajo control federal tendrán que vender por ley gasolina mezclada con un 5% de etanol desde el 1 de enero del 2003. Como respuesta los productores de azúcar de la India plantean según algunas fuentes, construir 20 plantas adicionales de etanol además de las ya construidas. Las 30 plantas tendrían una capacidad de

¹¹ Comunicado de prensa de la unión Europea: <http://www.europa.eu.int/rapid/press>

¹² europea unión Biofuels and agriculture . <http://www.usembassy.it/pdf/other>

¹³ Mercado emergente de biocombustibles. Conferencia de las naciones unidas

¹⁴ www.cadena del etanol IICA

producción de 300 millones de toneladas de caña y usaran melaza como ingrediente base¹⁵.

Canadá: Todavía no ha logrado “despegar” en materia de producción de biocombustibles, pese a tener una agricultura que podría aportar materias primas tanto para la producción de etanol y biodiesel.

Esta acción va a permitir que se cumpla la meta de lograr que para el año 2010, el 35% de la gasolina que se consume en el país sea una mezcla de E10¹⁶. En resumen la mayoría de apoyo federal, se dirige a los agricultores y a las comunidades a fin de impulsar emprendimientos en el campo de los biocombustibles, y estudios de factibilidad para su producción. En Canadá la producción actual de etanol se estima cerca de 250 millones de litros, y provienen en un 93% de 3 cereales; Maíz 73%, Trigo 17% y Cebada 3%. Canadá no produce granos forrajeros para satisfacer la demanda y el consumo de biocombustibles es todavía bajo; La producción de etanol doméstica, estimada en 250 millones de litros por año, representa solo el 0.7% del consumo total de petróleo.

Estados Unidos: desde la crisis de los años setentas, se ha contemplado el desarrollo de nuevas fuentes de energía en el sector agropecuario, como una manera de expandir la oferta energética y las importaciones de petróleo.

¹⁵ www.cadena del etanol IICA

¹⁶ Atlas de la agroenergía de los biocombustibles en las Américas. IICA

El crecimiento del etanol ha sido impresionante, en los últimos años, se estima que su participación en total del consumo anual de gasolina, anda cerca del 3%; también se estima que en el periodo 2005-2006, se uso el 14% de la cosecha de maíz para la producción de etanol; En el 2006-2007 se utilizo el 20% de la producción de maíz, con este fin está claro que el suministro de maíz es relativamente pequeño en comparación con la demanda de la gasolina, por lo que es necesario desarrollar otras fuentes domesticas de energía renovable¹⁷.

La caña de azúcar es uno de los cultivos de mayor uso para la producción de etanol. EE.UU. prevé utilizar el 25% de cultivos de maíz para producir 26.500 millones de litros de etanol en el año 2010, el maíz será uno de los cultivos que se utilizara como materia prima, la investigación puede proporcionar descubrimientos tecnológicos que lleven a una expansión significativa en la producción de etanol a partir de biomásas.

México: El área sembrada de caña de azúcar en México es de 680 mil hectáreas, donde la producción total es de 77.5 toneladas por hectárea de caña y el rendimiento de 8.8 toneladas de azúcar por hectárea; la producción de etanol por hectárea es de 4.659 litros y de 52.8 litros por tonelada de caña de azúcar; México tiene una capacidad de molienda de 288.234 toneladas de caña por día distribuida en 58 ingenios¹⁸

Se empleara maíz como materia prima, además existe la posibilidad de producir etanol a partir de sorgo este es el segundo cultivo tiene menos costos de producción

¹⁷ Atlas de la agro energía de los biocombustibles en las americas.IICA

¹⁸ Atlas de la agro energía de los biocombustibles en las americas.IICA

que el maíz y tiene la misma concentración de almidones lo que lo convierte en una buena opción para la producción de biocombustibles.

Argentina: Según el rendimiento agrícola nacional promedio, se producirían 660.5 litros de etanol por hectárea. La producción de etanol a partir del jugo de caña es de 5000 litros por hectárea.

Argentina cuenta con 23 ingenios azucareros, con una capacidad industrial de 1.5 millones de litros de alcohol diarios, y con un potencial anual de 400 millones de litros de alcohol¹⁹

Bolivia: En este momento se encuentran en proceso de construcción, 15 destilerías para la producción de etanol. Las destilerías oficiales Húngaro S.A., y Guabirá, no tienen la producción suficiente para cubrir la demanda, el ingenio “Roberto Barbery Paz” tiene capacidad para procesar 115 mil toneladas de azúcar y 12 mil toneladas de etanol³¹ La destilería Guabirá, es una de las más antiguas de Bolivia, además de producir etanol, procesan azúcar refinado y fertilizante.²⁰

Brasil: De acuerdo a las expectativas de producción de etanol en Brasil, se estima que se podrían destinar unos 12 millones de hectáreas adicionales a la producción de etanol²¹.

¹⁹ <http://www.fedebiocombustibles.com/bolivia-alcohol-carburante.html>

²⁰ Nacional. federación de biocombustibles. <http://www.fedebiocombustibles.com/guabira.unagro>

²¹ Bases estadísticas sobre producción la FAO. www.fao.org

La producción de etanol, por hectárea es de 6500 a 7000 litros actualmente se estima la capacidad industrial de 18 billones de litros de alcohol, considerando que en el 2005, el consumo interno fue cerca de 13.5 billones de litros, de los cuales 12.5 billones fueron utilizados como combustible, y 1.0 billones con fines industriales.

En este sentido la producción domestica tendrá que alcanzar una magnitud de 20 billones de litros, para atender la demanda interna que crece día con día y que es impulsada por los vehículos Flex Fuel²²

Brasil posee una gran variedad de materia prima para la producción de etanol, aunque es el principal productor y principal exportador de etanol en América a partir de la caña de azúcar, algunos cultivos sustitutos para la producción de etanol están: El trigo, Sorgo, batata, y batata dulce y la mandioca²³

Chile: Este país no produce azúcar, por lo que no se dispone de áreas de producción y rendimientos relacionados con el etanol; El gobierno y las instituciones privadas se han centrado en la necesidad, de producir energía renovable, a través de materias primas agrícolas, industriales que generan en mayor beneficio a los productores, aun no existe la producción de etanol en Chile, este país no produce caña de azúcar, pero los cultivos que surgen como alternativa para extraer etanol son trigo, papa, maíz, avena, remolacha.

Colombia: Es uno de los países de mayor exportación en América latina después de Brasil, las primeras plantas de alcohol, comenzaron a funcionar en octubre de 2005,

²² Información suministrada por el IICA, situación y perspectivas de la producción de etanol en América latina interamericana del etanol.

²³ Bases estadísticas sobre producción La FAO. www.fao.org.

5 ingenios instalaron destilerías en sus plantas y tienen una capacidad de producción de 1 millón 50 mil litros diarios.

ASOCAÑA (Asociación Colombiana de cultivadores de caña de azúcar) calcula que el consumo anual de gasolina para las ciudades, de más de 500 mil habitantes rondan los 76.7KBD²⁴. (12 millones de litros por día) de alcohol para oxigenar las gasolinas con un 10% de etanol, es decir 1.2 millones de alcohol por día, es necesario contar con 5.93 millones de toneladas de caña.

Esto corresponde a 54 mil hectáreas de caña de azúcar²⁵ en Colombia los cultivos utilizados como una alternativa para la producción de etanol, además de la caña de azúcar, son la caña panelera, yuca, sorgo dulce, también llamado “El camello de los cultivos” por su gran capacidad de adaptación, su resistencia a la sequía y a los suelos salinos-alcalinos, y su tolerancia a la inundaciones.

Ecuador: La capacidad industrial instalada del sector productor del etanol bordea los 160 mil litros por día. Lo que determina una capacidad normal de 47.107 mil litros por año; Cuando el etanol se obtiene a partir de melaza el rendimiento es de 20 litros por tonelada de caña, o alrededor de 1560 litros por hectárea. Cuando el etanol se obtiene directo de la caña el rendimiento es de 70 litros por tonelada de caña, equivalente a 5460 litros por hectárea, además de la caña de azúcar Ecuador tiene otros productos tales como, Banano, Remolacha, Yuca, Maíz y residuos de papel.²⁶

²⁴ ASOCAÑA: www.asocaña.org.

²⁵ CENICAÑA: www.cenicaña.org.

²⁶ Ministerio de energía minas .www.menergia.gov.ec.

Paraguay: En el 2006 la producción de etanol fue de 45.383.231 litros el 96%, la producción aproximada de etanol por hectárea es 3,750 litros²⁷, Cabe mencionar que hay ingenios que producen azúcar y alcohol derivado de la melaza, en este caso el rendimiento es de 15 litros por tonelada de caña y las destilerías que se dedican a la producción de etanol a partir del jugo verde, alcanza una producción de 84 litros de etanol por tonelada, el precio local del etanol es de \$0.70 el litro y un costo de producción estimado de \$0.30, Paraguay dispone de productos como maíz y arroz para la obtención de etanol estimado de \$0.30.

Perú: La producción de etanol anhidro en el país podría realizarse, a partir de la caña de azúcar y del sorgo dulce, dadas las condiciones edafoclimaticas favorables ²⁸
El 31 de marzo de 2005 se aprobó el reglamento de la ley N.28054, de la promoción de los biocombustibles, que señala que el porcentaje de alcohol carburante de las gasolinas que se comercialicen en el país será de 7.8%²⁹ Estas gasolinas serán llamadas “Gasolinas Ecológicas”

Uruguay: En materia del marco normativo, de la ley 17.567 del 2002³⁰. Consagra el interés nacional en la producción de alternativas renovables y sustitutas de los derivados del petróleo, elaborados con materia nacional de origen animal o vegetal, en el cual se comenzó a analizar la viabilidad de la producción de alcohol carburante a partir de la caña de azúcar.

²⁷ Atlas de la agro energía y los biocombustibles en las Américas. IICA.

²⁸ El peruano: El Perú inicia era del etanol como biocombustible.

²⁹ Proyecto de ley N°28054.Ley de promoción del mercado de biocombustibles.

³⁰ http://Dnctn.gub.uy/documentos/archivos/683_1pdf.

El proyecto adoptado es la producción de etanol con el tiempo producir energía eléctrica, en un sistema de cogeneración con melaza, vinaza, y bagazo como subproductos de la caña de azúcar, se estima que el etanol que se producirá alcanzaría para cubrir el 4.5% de la producción de la gasolina en Uruguay, a su vez, la refinería que ALUR tiene previsto instalar, tendría una capacidad de producción de 120m³ de etanol diarios³¹. Existe un proyecto de ley de agro-combustible.³² Que ingreso al parlamento el 31 de julio de 2006.

Venezuela: Actualmente el etanol se importa desde Brasil, para mezclarlo con la gasolina en proporciones de hasta un 8%. También está en proceso de conformar un programa de agroenergía.

No tiene excedentes de producción para producir etanol. La investigación para producir etanol incluye la colaboración de universidades, centros de investigación y empresas privadas. Venezuela tiene un gran potencial para, producir etanol por sus condiciones geográficas y climáticas y por las excelentes relaciones que tiene con el mercado de los combustibles todo esto es una ventaja para implantar este recurso.³³

Costa rica: Actualmente el etanol se concentra en las destilerías de los ingenios Taboga y CATSA. Y la planta de deshidratación y rectificación LAICA. Se prevé iniciar la distribución de gasolina con etanol entre el 2008 y 2009 y se estima que la

³¹ Agroenergía avanza el diseño de política nacional de biocombustibles, anuario 2006 OPYPA/MGAP.

³² http://www.dnetn.gub.uy/documentos/archivos/816_1pdf.

³³ Venezuela. Ministerio de energía y petróleo de la república bolivariana

demanda de etanol se incrementa a 88 millones de litros en el 2006, a 153 millones de litros en el 2018.

El etanol nacional básicamente se genera de melaza. Actualmente Costa Rica cuenta con una producción importante de cultivos con gran potencial, para la producción de etanol y sobre los que se ha adquirido considerable experiencia agrícola ejemplo: Yuca, raíces, tubérculos, y materias lignocelulosicas³⁴

Nicaragua: No existen barreras legales para la producción de biocombustibles actualmente, solo existen dos destilerías que elaboran etanol en Nicaragua³⁵

La producción de etanol estimada es de 6.728 litros por hectáreas³⁶ costo del etanol puesto en fábrica es de \$0.248 por litro. Nicaragua tiene una capacidad instalada en la cual hay 4 ingenios con una capacidad instalada de molienda de 34,000 toneladas métricas, no existe ningún instituto de investigación para la producción de caña de azúcar. Cada ingenio azucarero establece alianzas estratégicas entre sí y con ingenios de otros países, el etanol producido es exportado al mercado internacional.

Guatemala: El azúcar es el principal producto de exportación de Guatemala el país posee 197,000 hectáreas de caña de azúcar de ellas un 72% tiene destino internacional, de acuerdo con la capacidad de las destilerías del país, y el nivel de

³⁴ Comisión Nacional de etanol. perspectivas del uso de etanol anhidro 2005.

³⁵ Cadena del etanol. IICA. Nic

³⁶ Comisión nacional de productores de azúcar (CNPA). Información de las capacidades de los ingenios de Nicaragua.

producción de caña, se estima que se generan cerca de 5,570 litros de etanol por hectárea de caña, el costo aproximado de producir un litro de etanol es de \$0.321³⁷.

En el 2003, el ministerio de energía y minas, ente responsable de la política energética mediante la dirección general de hidrocarburos, tuvo la iniciativa de lanzar un programa denominado bioenergía que planteaba la posibilidad de utilizar productos agrícolas, como la caña de azúcar y frutas ricas en sacarosa para producir etanol³⁸

Honduras: El negocio de los biocombustibles en honduras, surge como consecuencia del constante incremento del precio de los combustibles, así como la conciencia de que tanto la combustión de los motores diesel mpactos convencionales, como la zafra o recolección de caña de azúcar.

Generan Impactos negativos en el medio ambiente, esto ha motivado a la búsqueda de combustibles alternos³⁹.

Honduras ha iniciado estudios para la producción de etanol y han tomado acciones para instalar 2 refinerías en la región de Olancho⁴⁰

Panamá: El gobierno está realizando estudios correspondientes para determinar la viabilidad del uso del etanol anhidro, y este producto representa una oportunidad para reducir la dependencia energética, reducir la contaminación ambiental,

³⁷ Atlas de las agro energía de los biocombustibles en las ameritas IICA.

³⁸ Atlas de la agroenergía de los biocombustibles en las ameritas IICA

³⁹ Sandoval Doris. Biocombustibles, alternativa ambiental situación actual de Honduras, centro de estudios y control de contaminantes

⁴⁰. Nogueira Horta Luís Augusto, costos y precios para el etanol combustible en América central y el caribe.

diversificar la canasta energética, promover la agricultura y la agro industria, generar nuevas fuentes de empleo y promover cultivos rentables.

La producción de etanol en panamá podría realizarse a partir de diversos cultivos como la caña de azúcar y tubérculos⁴¹., para empezar esto significa más de 11,000 hectáreas de caña de azúcar, lo que podría generar más de 10 mil empleos⁴².

El gobierno está llevando a cabo un proyecto piloto este año para implementar el uso de mezclas de gasolina y etanol al 10%, actualmente la productividad.

El salvador: En los años 80, se instalaron dos plantas de etanol con una producción de 120,000 litros por día y dos de 60,000 litros por día bajo la administración estatal INAZUCAR.

En el ingenio la cabaña existe una destilería anexa, rehabilitada en el 2006 esperando producir 120 mil litros/día, mediante la modernización de sus equipo, en esta destilería se producen tres tipos de alcoholes como, anhidro, hidratado que es el que se utiliza para hacer mezclas con la gasolina y el alcohol potable.

La destilería independiente del grupo LIZA ha producido etanol y vendido a los petroleros de el salvador para mezcla (Capacidad disponible 80 mil litros/día; El etanol producido en El salvador es exportado a Estados Unidos bajo el TLC, sin aranceles.

⁴¹ Ministerio de la industria y comercio, avances en Panamá en el uso de biocombustibles /documens/pdf-22-7%20panama.pdf..

⁴²⁴²Biocombustibles: Brasil y panamá, exploran inversiones, Promex.
<http://www.promex.gob.pe/alertagim/05-06/is3050606.htm>.

2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CAÑA DE AZÚCAR.

La caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz, en el que en el tallo acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado forma el azúcar.

Se conocen diversas variedades de caña de azúcar cultivadas que se diferencian por el color, y la altura de los tallos. El tallo de la caña es el que contiene el tejido esponjoso y dulce de donde se extrae el azúcar.

El azúcar puede obtenerse principalmente de la caña de azúcar y la remolacha azucarera, para su obtención se requiere de un largo proceso, desde que la semilla germina, hasta que el azúcar se comercializa nacional e internacionalmente. A

continuación se detalla el proceso en la fabricación. Ver anexo # 1; Mediante la producción de azúcar se obtienen subproductos como miel, cachaza, bagazo son definidos y detallados en el anexo # 2.

2.3 DEFINICION DE LAS MELAZAS.

Las melazas, mieles finales o melazas blackstrap, suelen ser definidas por muchos autores como los residuos de la cristalización final del azúcar de los cuales no se puede obtener más azúcar por métodos físicos.

La norma ICONTEC 587 de 1994, Define miel o melaza como (No cristalizable) al jarabe o líquido denso y viscoso separado de la misma masa cocida y final y de la cual no es posible cristalizar mas azucars por métodos usuales.

La de nominación melaza, se aplica al efluente final obtenido en la preparación del azúcar mediante una cristalización repetida .El proceso de evaporación y cristalización usualmente es repetido durante tres veces, hasta el punto en el cual el azúcar invertido y la alta viscosidad de las, melazas ya no permitan una cristalización adicional de la sacarosa.

La melaza, es una mezcla compleja que contiene sacarosa azúcar invertido, y sales y otros compuestos solubles en álcali que normalmente están presentes en el jugo de la caña localizado, así como los formados durante el proceso, de manufactura del azúcar. Además de la sacarosa, glucosa, fructosa y rafinosa los cuales son fermentables, las melazas también tienen sustancias reductoras no fermentables.

Estos compuestos no fermentables reductores del cobre, son principalmente caramelos libres de nitrógeno producidos por el calentamiento requerido por el promedio de melanoidinas que si contienen nitrógeno derivadas a partir de productos de condensación y amino compuestos.

La asociación americana de control oficial de alimentos (AAFCO).Recomienda diferente clasificaciones de melazas, según el azúcar total y el contenido de humedades. Ver anexo #3

Otra clasificación de las melazas, se da por el porcentaje de materia sólida en peso, o grados brix, de la siguiente manera⁴³. Ver anexo #4

2.4 COMPOSICION DE LAS MELAZAS

La composición es muy heterogénea y puede variar considerablemente dependiendo de la variedad de caña de azúcar, suelo, clima, periodo de cultivo, eficiencia de operación de la fábrica, sistema de ebullición del azúcar, tipo y capacidad de los evaporadores, entre otros por otro lado la melaza de caña se

⁴³ Fajardo Erika Esperanza. Evaluación de la caña de azúcar para la producción de *saccharomyces cerevisiae*.

caracteriza por tener grados brix o sólidos disueltos de 68- 75% y un pH de 5.0 - 6.01.

2.4.1 AZUCARES.

Los principales azúcares en la melaza son la sacarosa (60%-63% en peso), la glucosa o dextrosa (6% -9% en peso) y la fructosa o levulosa (5% -10% en peso); Estas dos últimas constituyen la mayor proporción de los azúcares reductores encontrados en los análisis. La fructosa puede sufrir transformaciones al igual que la glucosa, debido a las reacciones dependientes de la temperatura, el contenido de glucosa y fructuosa en las melazas puede variar a causa de la hidrólisis de la sacarosa, a valores de pH ácido y a temperaturas altas.

2.4.2 NO AZUCARES.

Los no azúcares están compuestos por el 33% de sustancias inorgánicas (Fe^{+++} , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , As^{3+} , Cd^{2+} , Hg^+ , Pb^+ y Cl^- , NO^{3-} y SO^{2-}); El 42%, corresponde a sustancias nitrogenadas (aminoácidos, péptidos, colorantes), y el 25% a sustancias libres de nitrógenos (Ácidos carboxílicos, alcoholes, fenoles, esterés, vitaminas, gomas y dextranos).

2.4.3 COMPUESTOS NITROGENADOS.

Están formados principalmente por aminoácidos mono y bibásicos, amidas ácidas, betainas y pequeñas cantidades de peptonas y nitratos. Cuando los azúcares reductores, glucosa y fructosa, son sometidos a los procesos de clarificación, en el tratamiento subsiguiente, se producen varias reacciones, siendo la más importante la

de los aminoácidos con estos azúcares, en la cual se forman productos coloreados como melanoidinas y los residuos fermentables a los cuales se les ha encontrado un contenido aproximado de 68% de nitrógeno combinado, en melaza.

El nitrógeno total en las melazas, varía entre 0.4% a 1.5% del peso total de melaza.

La proteína cruda frecuentemente se determina como porcentaje en peso del contenido de nitrógeno.

2.4.4 ACIDOS.

El ácido aconítico, es el ácido más abundante de los ácidos orgánicos en la caña que se acumula en las melazas, representando aproximadamente el 6% del peso de sólidos en la melaza. Los ácidos málicos y cítricos están presentes en cantidades apreciables en las melazas. El ácido fórmico está presente como producto de descomposición; La mayoría de estos ácidos están metabolizados por los microorganismos, como fuente de carbono y no presentan problemas de inhibición en crecimiento.

2.4.5 FENOLES Y COMPUESTOS VOLATILES.

Los fenoles presentes en las mieles finales, provienen de la parte fibrosa, de la caña, estos se derivan de los ácidos hidroxicinámico y parahidroxibenzoico.

Es necesario tener en cuenta, que desde el punto de vista de la fermentación, algunos fenoles son indeseables, por presentar actividad inhibitoria, sobre el crecimiento de los microorganismos, a concentraciones de 0.5 g/L. Los ácidos fenólicos de mayor actividad bacteriostática han demostrado son el cloragénico, p-

cumarico, y el telúrico; Estos dos últimos son capaces de inhibir totalmente el crecimiento de algunas bacterias.

2.4.6 MICROORGANISMOS DE LA MELAZA.

Mediante ensayos adecuados con soluciones diluidas de melazas, se ha demostrado que, estas a pesar de su bajo contenido de fósforo, constituyen un buen medio nutritivo, para muchos microorganismos, tales como levaduras, hongos y bacterias. Se considero importante la presencia de microorganismos, mesofilos y termófilos dentro de la melaza. Los organismos mesofilos se desarrollan bien durante la dilución de las melazas.

2.4.7 APROBECAMIENTO DE LA MELAZA

La melaza ha sido suministrada al ganado como alimento, durante muchos años, también ha sido utilizada como vehículo en varios tipos de alimentos líquidos. Igualmente ha sido ingrediente común para pollos y cerdos, donde constituye un sub producto de primer orden. Ya que puede ser utilizada a niveles de hasta un 40%, logrando una alimentación adecuada en los animales.

Por otro lado se utiliza como fertilizante, para suelos mezclados con bagazo y otros componentes

En casos especiales, también es frecuentemente utilizada para la preparación de pavimentos, y otros usos. Ver anexo #5.

2.4.8 ALMACENAMIENTO DE LA MELAZA

Los principales cambios notados durante el almacenamiento son: Pérdida de sacarosa, ganancia de azúcares reductores, incremento del porcentaje de compuestos orgánicos no azúcares, pérdida de sólidos totales y gran incremento de color.

La descomposición se atribuye principalmente a la reacción de las sustancias orgánicas inestables, con los azúcares reductores, formándose impurezas coloidales coloreadas, con alto contenido de carbono. Estos productos llegan a contener entre un 15 % y hasta un 50% de nitrógeno total de la melaza, en forma no asimilables por los microorganismos.

Para reducir la probabilidad de cambios químicos originados por las altas temperaturas (climas tropicales), la melaza recién centrifugada debe ser enfriada, a la menor temperatura posible.

La cantidad de melaza almacenada y la duración del periodo de almacenamiento, son factores que deben de considerarse en las medidas de seguridad.

La pérdida de sacarosa, azúcares reductores y azúcares totales, está acompañada en un aumento de las sustancias reductoras no fermentables. Normalmente, el

aumento de estas dos últimas es más rápido durante los tres primeros meses de almacenamiento.

La formación de estos productos va acompañada de desprendimiento de anhídrido carbónico y además está en relación inversa con la magnitud de la temperatura de almacenamiento; Es necesaria la limpieza periódica de los tanques de almacenamiento.

2.5 PROPIEDADES FISICO QUIMICAS DE LAS MELAZA

Viscosidad.

Las relaciones entre concentración y viscosidad, para soluciones de azúcar pura son igualmente validas para las melazas. La viscosidad de las soluciones saturadas de azúcar impuro, aumenta rápidamente con el contenido de impurezas debido al incremento de la concentración de sólidos.

El efecto de las sales minerales, sobre la viscosidad de las soluciones de azúcar es variable. Un enriquecimiento de iones Ca^{2+} , aumenta la viscosidad, mientras que el incremento de iones K, la disminuye.

Los compuestos orgánicos no azucares, tienen un profundo efecto sobre la viscosidad, pues los componentes de alto peso molecular pueden incrementar-la considerablemente; La aireación influye marcadamente sobre la viscosidad aparente de las soluciones de azúcar, y si se disminuye el contenido de aire de las melazas disminuye la viscosidad.

El efecto de las variaciones de pH, sobre la viscosidad de las soluciones es insignificante, excepto cuando el pH es superior a 11; En este caso, la viscosidad aumenta. El efecto de la concentración y la temperatura sobre la viscosidad, tiene importancia práctica en la entidad de la melaza que fluye, por tuberías y bombas, así como la descarga por gravedad natural, o por fuerza centrifuga.

Se considera que la viscosidad de las melazas decrece a una temperatura dada, con una disminución de la concentración, y también cuando la concentración es constante y la temperatura aumenta la región de viscosidad crítica en la melaza de caña, está en un intervalo de concentraciones en grados Brix entre 81 y 85. Esto significa que un aumento de solo algunas décimas en el valor de la concentración, determina un incremento notable en la viscosidad.

2.5.1 pH

Las melazas de caña son ligeramente ácidas, tienen un pH entre 5.5 y 6.5, un bajo pH es atribuible a los ácidos alifáticos y al bajo pH. El pH de las melazas cambia con la temperatura y depende también de la naturaleza y de la cantidad de material estabilizador que posea; La acción estabilizadora de pH tiene efecto sobre la melaza para resistir la adición de ácidos o álcalis, sin cambiar su naturaleza ácida a básica. En la melaza la acción estabilizadora depende del contenido de no azúcares y de las características de la melaza.

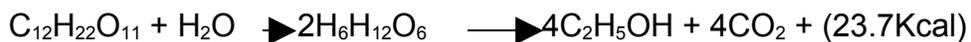
La estabilización del pH en las melazas de caña tiene un patrón uniforme, es decir, no existen variaciones irregulares debidas a las relaciones de cambio de peso entre las sustancias que intervienen, por lo tanto la actividad estabilizadora se modifica.

2.5.2 CALOR ESPECÍFICO Y CONDUCTIVIDAD TERMICA.

En las soluciones de azúcar, el calor específico depende de la temperatura, de concentración y de la composición. Se ha comprobado, que el calor específico disminuye al aumentar las concentraciones de las soluciones impuras, de azúcar; Es necesario conocer el calor específico de las melazas para calcular la transferencia de calor durante el calentamiento o enfriamiento.

2.6. FERMENTACION.

El proceso de fermentación alcohólica consiste en la transformación de los azúcares en alcohol y gas carbónico de acuerdo con la reacción.



Estequiometria de finida por Gay –Lussac, 100 partes de azúcares producen 51.11 partes de etanol y 48.89 partes de gas carbónico, con desprendimiento de energía del orden de 23.7kcal.

Como resultado de las reacciones paralelas a la fermentación alcohólica se obtienen productos intermedios, y cuyas proporciones varían de acuerdo con las condiciones en que se realiza el proceso fermentivo en sí.

Entre estos productos se identifican a la glicerina, el ácido succínico, el aldehído acético, los alcoholes de tipo propílico, butílico, y amílico encontrados en el aceite de fusel, los cuales influyen en el rendimiento final del procedimiento.

En función de estas reacciones se hace imposible, dentro del actual estado del arte, alcanzar un rendimiento de 51.11 partes de etanol, Según Gay-Lussac, y en la práctica por término medio se alcanza el 95% de este rendimiento o sea cerca del 5% del azúcar equivalente en el alcohol se consume en otras reacciones y no en la producción del alcohol etílico⁴⁴.

2.6.1 CICLO DE FERMENTACION.

En un proceso genérico de fermentación ocurren fases que se pueden manipular, en función de lo que se desea obtener como producto final constituyéndose en el proceso fermentativo específico. Por la cinética del desarrollo de las levaduras estas se definen en función de tiempo, de cuatro fases distintas ó sea,

Fase inicial (lag-fase). Fase estacionaria Fase de declinación

La curva representativa de esta cinética se conoce como “curva de crecimiento del cultivo”, el inicio del proceso de fermentación ocurre con la inoculación del cultivo de microorganismos específico (levadura) en el substrato (mosto) con la finalidad de obtener un producto (alcohol).

Es interesante observar que algunos de los problemas de “floculación” de las levaduras ocurren en el paso de la fase exponencial a la estacionaria, donde las características de las reacciones que ocurren son alteradas o sea, en la exponencial, es la del aumento de la masa celular se necesita oxigenación de acuerdo con el

⁴⁴ Germek German Amaral. Fermentación alcohólica. Colección GEPLACEA.

efecto denominado “Pasteur”, y en la fase estacionaria es la producción donde el receptor final de los electrones son los compuestos orgánicos, siendo el factor “floculación de levaduras”, además de otros de conducción equivocada del proceso tales como Temperatura, infecciones o residuos de productos floculantes del tratamiento del caldo.

La fase estacionaria se inicia cuando se alcanza el número ideal de las células las cuales permanecen constantes, es decir que la cantidad de células que nacen es prácticamente igual al de las que mueren, la variación de esta concentración celular es resultante de la influencia de conducción del proceso como el pH del medio, temperatura, acidez, concentración alcohólica, uso de antisépticos nutrientes, y aun la acumulación de productos tóxicos a las levaduras y de ahí la importancia de su control.

Cuando el substrato (mosto), con el paso del tiempo se queda sin azúcares, sin nutrientes y hay acumulación de productos, se inicia la fase de declinación cuya duración está relacionada con el tipo de microorganismos empleado y las condiciones de agotabilidad del substrato (mosto).

2.6.2 AGENTES DE FERMENTACION.

Las levaduras alcohólicas, son clasificadas como Ascomicetos del género *Saccharomyces*, siendo las de mayor interés la de *S. cerevisiae* y la *Carlsbergensi*. Las empleadas en las destilerías deben presentar características para su uso industrial, entre las cuales figura la buena productividad, la

tolerancia al alcohol, la formación de alcohol en la unidad de tiempo, que además de propiciar fermentación más rápida reduce el riesgo de contaminaciones.

Las levaduras cuando están en un ambiente anaeróbico, dónde no hay disponibilidad de oxígeno, efectúan una serie de reacciones oxido-reducción, en las que los receptores finales de los electrones son compuestos orgánicos a este conjunto de reacciones se denomina fermentación.

Esta condición aerobia es interesante para la producción de alcohol, pues cuando existe disponibilidad de oxígeno esta pasa a ser el receptor final de los electrones, porque hay una oxidación de los azúcares con alto rendimiento energético⁴⁵, lo que favorece la multiplicación celular recibiendo la denominación de respiración, las levaduras industriales son microorganismos mesófilos, siendo que la temperatura ideal para el desarrollo, dependiendo de la especie comprendida en la banda de 28 a 35°C, se debe regular el ajuste de la temperatura del medio con auxilio de refrigeración, que puede ser interna o externa.

2.6.3 ASPECTOS DE LA FERMENTACION.

Las observaciones prácticas de los factores que ocurren en el desarrollo de fermentación, cuando son bien interpretadas, ayudan mucho al control del proceso fermentativo; sin embargo, solamente estas observaciones no son suficientes para el control del proceso y aun más aun cuando se desean altos rendimientos, solamente

⁴⁵ Germek Germán Amaral. Fermentación Alcohólica, colección GEPLACEA

los análisis químicos y físicos complementados, con algunas observaciones podrán permitir el perfecto desarrollo del proceso.

2.6.4 TEMPERATURA DE LA FERMENTACION.

Con el desarrollo de la fermentación, ocurre un desprendimiento de calor, debido a que las reacciones son exotérmicas con el consecuente aumento de la temperatura del medio, alcanzado valores máximos cuanto más activo es el proceso, para después disminuir, tendiendo a alcanzar la temperatura ambiente.

Para regular la temperatura del medio en fermentación y propiciar mejor el control del rendimiento del proceso se utilizan los sistemas de enfriamiento interno y/o externo.

2.6.5 TIEMPO DE FERMENTACION.

La duración de la fermentación está influida por diversos factores, pero para las condiciones relativamente fijas se puede tomar como medida de indicativa de las condiciones de desarrollo del proceso fermentativo, el tiempo de fermentación, podrá asilar en la banda de dos horas de tiempo promedio, de esta forma cualquier anomalía en relación a esta banda, indicara que ocurre alguna perturbación en el proceso, siendo las más comunes.

Exceso o falta de azucares en el mosto, infecciones, variaciones de temperaturas, inhibidores, falta de nutrientes, pocas células de levaduras viables en el medio, etc.

2.7 CONTAMINACIONES.

Esto depende de las condiciones del medio de fermentación, la higiene y el control, hay presentación de infecciones que actúan sobre los azúcares o sobre los productos de fermentación, reduciendo el rendimiento o aun perjudicando la calidad del producto. Entre estas infecciones destacan las siguientes⁴⁶.

Ver anexo #6.

2.8 NUTRIENTES.

Debido a la inexistencia de nutrientes en las materia primas ideales o en algunos casos, de desequilibrio entre sus componentes hay necesidad de complementar sales minerales y vitaminas. Estas son el fósforo, nitrógeno, micronutrientes y vitaminas del complejo B.

El fósforo es un elemento trasladador de energía, ligado directamente al ciclo de fermentación y, en su ausencia no ocurre la fermentación.

El suplemento es de 0.1 gramos de superfosfato triple aplicada en forma de una solución, directamente en la cuba de tratamiento es suficiente para complementación, mejorando el rendimiento alcohólico.

El nitrógeno es un elemento de formación plástica, importante al crecimiento de las células de las levaduras .Se deben de proporcionar fuentes de nitrógeno en forma

⁴⁶ Germek Germán Amaral, Fermentación alcohólica. Colección GEPLACEA.

amoniaco y después amónica en función de la preferencia de asimilación de las células; Los nitratos no tienen valor nutritivo, los nitritos son tóxicos.

El suplemento de 0.1 gramos de sulfato de amonio por litro de mosto, aplicado en forma de solución.

Para evitar la formación del aceite de fusel deberá ser aplicado durante todo el proceso; Otras sales como el magnesio, manganeso y cobalto en dosis mínimas, son elementos catalizadores de reacciones, siendo por lo tanto favorables al proceso de fermentación, de modo general una cantidad mínima de estos micro elementos en la materia prima es satisfactoria.

2.9 SUBSTRATO (MOSTO).

El mosto del jugo de caña, jarabe, melaza, o mixto, en este caso será la melaza, además de la dilución es necesaria, ser corregida en cuanto a acidez, temperatura, para obtener un sustrato ideal con el máximo aprovechamiento.

2.10 BRIX Y LOS AZUCARES REDUCTORES TOTALES (ART).

El brix y los azúcares reductores totales son correlacionables para el mismo lote de materia prima analizada; El brix es una medida que expresa la cantidad de sólidos solubles, aunque no siempre sean azúcares.

Los ART, son una medida para el cuproso del licor pero no siempre estas sustancias reductoras son azúcares, el empleo del mosto con baja concentración de azúcar favorece el crecimiento celular, debido a la mayor transferencia de oxígeno en el medio, disminuye el tiempo de fermentación.

La utilización del mosto con alta concentración de azúcar, proporciona consecuencias opuestas, pudiendo en algunos casos inhibir el proceso de fermentación, conocido como “ahogamiento del fermento”, en el caso de que la concentración este por arriba de los límites tolerantes de la levadura.

2.11 ACIDEZ Y pH.

Existe una correlación entre la actividad de la levadura con la acidez del medio. Las levaduras son microorganismos acidófilos que se desenvuelven en medios⁴⁷ De acidez total en la banda de 2.0 a 2.5 gramos de ácido sulfúrico por litro de mosto a un pH alrededor de 4.5.

La acidez favorece el desarrollo de las levaduras y provoca el proceso de inhibición de las bacterias que son agentes contaminantes en términos prácticos, el control de la acidez se logra en el mosto con la adición de ácidos minerales, no debiendo sobrepasar los 5 gramos por litro de mosto, pues puede ser perjudicial para las levaduras.

⁴⁷ Germek Germán Amaral. Fermentación alcohólica. Colección GEPLACEA.

2.12 ATENUACION DEL BRIX.

La disminución en la densidad del medio en la unidad de tiempo es una indicación muy simple para evaluar el desarrollo del proceso; En las fermentaciones normales, la densidad del medio disminuye rápida y continua.

Cualquier paralización, caída lenta, etc. De la atenuación indica la existencia de alguna anomalía en el proceso (infección, refrigeración excesiva, o incluso alimentación de mosto indebida), La cual debe ser detectada y corregida en la medida y en las condiciones posibles.

2.13 ASPECTO DE LA ESPUMA.

El aspecto de la espuma es una óptima indicación de las condiciones de la fermentación. Sin embargo se deben de tener algunos cuidados por que el aspecto de la espuma es característico para cada tipo de materia prima; En las fermentaciones normales, las espumas presentan burbujas que se rompen fácilmente y de aspecto fino; sin presentar nunca gotas de liquido suspendido en su interior.

Las fermentaciones contaminadas poseen espumas persistentes de aspecto grueso y generalmente contienen gotas suspendidas en su interior.

2.14 OLOR.

Las fermentaciones puras, normales, sanas presentan un olor agradable, se semejante al de las frutas; algunas personas dicen que se parece al de las manzanas maduras.

Las fermentaciones contaminadas presentan olores desagradables, debido a las fermentaciones paralelas de las infecciones, el olor a vinagre indica la ocurrencia de infección acética, que es la primera de las infecciones que surgen.

2.15 AZUCARES REDUCTORES RESIDUALES.

Uno de los factores que indican el comportamiento de la fermentación es la cantidad de azúcares residuales. La tasa de los reductores residuales varía en función de la materia prima y en fermentaciones bien conducidas debe ser igual a la cantidad de azúcares fermentables que contiene la materia prima, guardando las debidas proporciones a la dilución para la preparación del mosto. La melaza presenta valores de azúcares in-fermentables de 1 a 5% mientras el jugo de caña no presenta nada en la banda de detección de la metodología analítica empleada⁴⁸.

⁴⁸ Germek Germán Amaral. Fermentación alcohólica. Colección GEPLACEA

CAPITULO III

DISEÑO METODOLOGICO

3.0 Diseño Experimental.

El diseño experimental empleado para la toma de muestras será el estratificado, el cual consiste en dividir la población en varios grupos o estratos con el fin de dar representatividad a los diversos factores que integran el universo o la población en estudio.

3.1 Lugar de muestreo

Las muestras de melaza se tomarán en el Ingenio Chaparrastique, el cual está situado en el Cantón el Jute km144 1/2 Carretera al Cuco, Departamento de San Miguel, en la zona Oriental de El Salvador.

3.2 Recolección de las Muestras

La recolección de muestras se efectuará, de acuerdo al tipo de muestreo establecido, las muestras serán recolectadas en frascos plásticos con una capacidad de mínima de 3 litros.

3.3 Tratamiento y preservación de las Muestras

Una vez obtenidas las muestras de melaza, se efectuará los procedimientos establecidos por las técnicas analíticas, considerando los análisis que se van a realizar se procedió a preservarlas a temperaturas no superiores de 30°C

garantizando que el estado de la melaza permanezca inalterable durante el periodo establecido .

3.4 Traslado de las Muestras

Es un proceso físico utilizado para separar mezclas generalmente homogéneas

Una vez tomadas las muestras, se trasladaran al laboratorio de la sección de química de la FMO donde se realizaron los análisis Físico- Químicos, fermentación y destilación

3.5 Parte Experimental

En el presente trabajo de investigación, se describen los métodos de los análisis y la técnica para cada uno de ellos.

3.5.1 Densidad.

En la práctica, la densidad se determina mediante equivalencia, con la concentración en grados Brix. Además para su determinación se usan tres instrumentos dencimétricos: El hidrómetro, la balanza de westphal y el picnómetro de los cuales el primero es el más utilizado.

3.5.2 Fermentación por Decantación

Se trata de un proceso de fermentación, en el cual la recuperación del agente de fermentación ocurre por intermedio de la gravedad, en el proceso denominado decantación.

A pesar de ser un proceso simple, presenta un rendimiento aceptable económicamente que no depende de los equipos sofisticados de difícil construcción en este proceso la cuba de fermentación recibe la inoculación de la levadura y el mosto, la cual se alimenta continuamente dentro de la técnica, hasta el llenado total completado el volumen, se deja fermentar hasta su término, cuando termina la fermentación se debe aumentar el enfriamiento del medio, con la finalidad de paralizar el proceso de producción de CO₂ y facilitar que ocurra la decantación de las células de levadura; El periodo de recuperación de las células de levaduras a través del proceso de decantación natural por las leyes de la gravedad, es de aproximadamente 8-12 horas para que la eficiencia sea aceptable y económicamente la temperatura de fermentación deberá estar alrededor de los 30°C. Pasado este periodo de decantación el vino sobrenadante, que representa el 70% del volumen de la vida útil de la cuba se envía a destilación y el material decantado se trata para su empleo de un nuevo ciclo fermentativo.

El tratamiento consiste en diluir con agua destilada el decantado en la proporción de 1:1 y con agitación agregar ácido sulfúrico hasta que el pH alcance 2.8, dejándolo en estas condiciones por un periodo de 2 horas, después alimentar la cuba nuevamente con mosto para iniciar el nuevo ciclo de fermentación.

La importancia de este tratamiento es mantener la suspensión del microorganismo en condiciones aceptables para las levaduras, de difícil supervivencia por las bacterias contaminantes y así realizar la descontaminación del medio, reduciendo las pérdidas de contaminación Ver anexo # 7

3.5.3 Destilación Fraccionada.

Es un proceso físico utilizado para separar mezclas generalmente homogéneas de líquidos mediante el calor, y con un amplio intercambio calórico y másico entre vapores y líquidos. Se emplea principalmente cuando es necesario separar compuestos de sustancias con puntos de ebullición distintos pero cercanos.

La principal diferencia que tiene con la destilación simple es el uso de la columna de fraccionamiento, esta permite un mayor contacto entre los vapores que desciende, por la utilización de diferentes “platos” esto facilita el intercambio de calor entre los vapores (que seden) y los líquidos (que reciben) esto se denomina intercambio de masa, donde los líquidos con menor punto de ebullición pasan al estado líquido .

La muestra se pone en el aparato de destilación, que suele consistir en un matraz, en cuya parte inferior hay unas piedrecitas que impiden el sobrecalentamiento de la muestra.

En la boca del matraz en la parte superior se coloca la columna de fraccionamiento, consiste en un tubo grueso, con unas placas de vidrio en posición horizontal. Mientras la mezcla hierve, el vapor producido asciende por la columna, se va condensando en las sucesivas placas y vuelve a caer hacia el líquido, produciendo un reflujo destilado.

La columna se calienta desde abajo y por tanto, la placa de vidrio más caliente está en la parte inferior y la fría en la parte superior, en condiciones estables, el vapor y el líquido de cada placa de vidrio están en equilibrio y, solamente los vapores volátiles llegan a la parte superior en estado gaseoso.

Este vapor pasa al condensador, que lo enfría y lo dirige hacia otro recipiente, donde se licua de nuevo.

Se consigue un destilado más puro cuantas más placas de vidrio haya en la columna. La parte condensada en la placa más cercana al azeotropo contiene gradualmente menos etanol y más agua, hasta que todo el etanol que da separado de la mezcla inicial. Este punto se puede reconocer mediante el termómetro ya que la temperatura se eleva bruscamente⁴⁹.

3.5.4 Dilución de la Melaza

Diluir la melaza hasta obtener (42 a 45° Brix).

Adicionar vapor hasta obtener una temperatura de 70°C.

Ajuste de pH por medio de la adición de H₂SO₄ hasta obtener un pH de 4.5

3.5.5 Clarificación de la Melaza

La melaza diluida y caliente es filtrada, en las cuales se hace la separación de los sólidos formados mediante la reacción del H₂SO₄, estos sólidos presentes son las sales de calcio presentes en la melaza, la ecuación que rige este procedimiento es



⁴⁹ Wikipedia; Destilación Fraccionada, www.google.com.

Luego la melaza es filtrada para separar los sólidos producidos mediante la reacción anterior, para luego proceder a la fermentación.

3.5.6 Fermentación continua, esta consiste en alimentar la melaza clarificada en forma cuidadosamente, medida y controlada en la primera, segunda, y tercera cuba, así mismo se alimenta levadura en esta etapa entre un 70% y 80% de la conservación del azúcar en alcohol, la mayor cantidad de alcohol se produce en la primera cuba y así sucesivamente.

3.5.7 Fermentación discontinua: En este proceso la miel clarificada es alimentada continuamente sobre una determinada cantidad de levadura, este, tipo de fermentación es recomendable para aquellos casos de contaminación en la sala de fermentación.

3.6 Tratamiento de La Levadura

El efecto combinado de bajo pH, aireación y tiempo cumple los conceptos de
-Eliminación de bacterias Y la selección de levadura.

El éxito de un sistema de fermentación continua, está en la capacidad de eliminar los microorganismos, que entran en la materia prima, se usan los siguientes artificios.

El tiempo de fermentación sumamente corto hace que el crecimiento bacteriano sea muy limitado. El tratamiento con ácido sulfúrico, el efecto bactericida del ácido, completa la eliminación de los microorganismos Control de temperatura dentro de

la faja óptica de trabajo de la levadura, hace que no se presenten condiciones adecuadas para una reproducción acelerada de bacterias.

3.7 Destilación

Transcurrido el tiempo de fermentación se procede a la destilación. Ver anexo #8.

En esta obtendremos etanol y otros subproductos como el aceite de fusel y vinaza.

Para obtener un alcohol exento de agua se realiza una redestilación, ya obtenido el etanol se procede a los análisis físico químicos del etanol.

3.8 ANÁLISIS DE BRUX POR HIDROMETRÍA.

Fundamento del método

Este análisis es para medir la cantidad de sólidos comprendidos en la melaza

Procedimiento

- ✓ Pesar el Beacker y adicionarle 400gr de melaza.
- ✓ Se adicionan 400ml de agua, a temperatura ambiente y se vuelve a pesar.
- ✓ Se mezcla la melaza y el agua hasta que la solución sea uniforme pase la solución al Beacker limpio y seco.
- ✓ Introduzca lentamente el hidrómetro en la solución de la melaza contenida en el cilindro y espere a que regrese,
- ✓ Ahora haga la lectura a nivel de la solución, para las soluciones oscuras se hace la lectura al tope del menisco y se le adiciona 0.1°Brix.
- ✓ Se retira el hidrómetro y se toma la temperatura de la solución

Calculo

- a.- Peso del Becker.
- b. -Peso del Becker y la melaza.
- c.- Peso del Becker, la melaza y el agua.
- d.- Peso de la melaza = b-a.
- e.- Peso de la solución de la melaza = c-a

Lectura del hidrómetro

Temperatura

Corrección del menisco

Lectura del Hidrómetro después de la

Corrección del menisco.

Corrección por temperatura

Brix de la solución a 20°C

Brix de la melaza = $E/d =$

NOTA:

Ver Tabla de corrección por temperatura. Anexo #9

3.9 AZUCARES REDUCTORES EN MELAZA

- ✓ Pesar en una balanza analítica 1.000gr de muestra de melaza.
- ✓ Transferir la muestra a un balón de 100ml y hacer lavados para que toda la Muestra sea arrastrada al balón.
- ✓ Ambientar una bureta de 50mL con solución muestra preparada y luego Llenarla, verificar que no haya presencia de burbujas.
- ✓ Adicionar a un erlenmeyer 20mL de agua destilada más 5 mL de solución
- ✓ Feling's B y luego 5mL de Feling's A. Mezclar.
- ✓ Adicionar a un erlenmeyer 20mL.de muestra contenida en la bureta

- ✓ Colocar el erlenmeyer sobre un Hot -plate ya caliente, esperar a que la solución alcance su punto de ebullición, dejarlo ebulir durante 2 minutos. Luego adicionar 4 gotas de azul de metileno.
- ✓ Titular a flujo constante, con la solución contenida en la bureta, de manera que el punto final sea obtenido aproximadamente 1 después de haber adicionado el azul de metileno.
- ✓ El punto final es notado por la ausencia del color azul impartido por el azul de metileno y por la aparición de un tenue color rosa impartido por la presencia de precipitado de Oxido Cuproso.
- ✓ -Anotar la lectura del volumen de la solución muestra gastados.
- ✓ NOTA: La titulación debe ser determinada 1min más o menos 0.05 seg. Dando un volumen total de 3 ml desde que comienza a ebulir la muestra.

Cálculos.

500

C x T

Donde:

C =Concentración de la muestra en la solución (g / 100 mL)

T = Volumen en la titulación (ml)

Simplificando para cada muestra de melaza

Melaza: 500/ Vol. gastados.

3.10 DETERMINACION DEL PH

Principio del método: Determinar el pH contenido en el mosto

Procedimiento

- ✓ Graduar el pH metro con la solución tapón de 7.0 y pH 4.0 por lo menos una vez por día.
- ✓ Transferir cerca de 50ml de la muestra a un recipiente de 100ml.
- ✓ Colocar cuidadosamente el electrodo en la muestra cubriendo el bulbo de vidrio. Hacer la lectura de la temperatura, girar el botón a la posición de determinación del pH.
- ✓ Anotar la lectura del pH, luego poner el botón en posición neutral.

Calculo

Lectura del pH = pH de la muestra.

4.11 DETERMINACION DE LA ACIDEZ TOTAL.

Principio del método: Este ensayo consiste en la determinación de la acidez total de etanol/agua, expresada en ácido acético (mg de ácido acético /100ml de la mezcla o gramos de ácido acético/ml de etanol absoluto.

La acidez total significa los ácidos libres totales presentes en la mezcla de etanol agua y la acidez debido a los gases disueltos es considerada como una característica de alcohol bajo análisis e incluida en los resultados.

Procedimiento

- ✓ Se colocan 100ml de la muestra preparada siguiendo los procedimientos enunciados, en un matraz resistente a los álcalis y de una capacidad de 500ml.
- ✓ Se añaden 10 gotas de rojo de fenol y se titula con la solución 0.05N de NaOH hasta que adquiera el color rojo característico del rojo de fenol.

La bureta que se emplea en esta determinación debe permitir hacer lectura de 0.01ml.

Expresión de resultados

La acidez total se debe expresar en miligramos de ácido acético por litro de alcohol absoluto, mediante la aplicación de la siguiente fórmula.

$$A_q = 1.200 N_s V_s .$$

Siendo N_s =Normalidad de la solución de NaOH

V_s =ml de hidróxido de sodio gastados

5.12 TIEMPO DE PERMANGANATO

Procedimiento

- ✓ En un balón volumétrico se disponen 50ml de la muestra y se coloca en un baño de agua manteniendo exactamente a 18 °C.

- ✓ Una vez que el contenido del balón adquiriera dicha temperatura, se le añaden 2ml de solución de KMnO_4 .

- ✓ Se agita el líquido, se vuelve a colocar el balón en baño y se mide el tiempo de coloración comparándolo con el punto de viraje con el patrón

3.14 DETERMINACION DE AZUCARES FERMENTABLES METODO INDIRECTO

Fundamento del método.

Este método se basa en la determinación por diferencia de los azúcares reductores, presentes en la melaza y de los no asimilados por la levadura durante el proceso de fermentación.

PROCEDIMIENTO

- ✓ Pesar 12 gr de melaza, luego trasváselos a u erlenmeyer utilizando 75 ml de agua.
- ✓ Ajustar el pH entre 4.6 y 5.2 con ácido sulfúrico
- ✓ Añadir 25 gr de levadura panadera o 10 gr de levadura seca activa.
- ✓ Tapar el erlenmeyer y dejarlo en reposo por 24 hrs.
- ✓ Centrifugar la solución durante 10 minutos
- ✓ Transferir el sobrenadante a un matraz de 250ml y centrifugar nuevamente, repetir esta operación dos veces más.
- ✓ Transferir el sobrenadante a un matraz, y añadir 5 ml de la solución de oxalato de sodio o potasio, enrase y filtre usando tierras de infusorios.
- ✓ Preparar tres erlenmeyer y en cada uno colocar 5 ml de solución fehling A y 5ml de de fehling B
- ✓ El sobrenadante filtrado colocarlo en una bureta
- ✓ Agregarle 15ml De esta solución a cada uno de los erlenmeyer
- ✓ Adicionarles 20ml de agua, luego calentar sobre una malla de asbesto
- ✓ Guiándose por la solución que sobrenada, aprecie la cantidad de cobre (II) aun por reducir.

- ✓ Si esta solución es mucha añadir 5 o 10 ml más de la solución de ensayo sin retirar el erlenmeyer de la malla metálica y dejar hervir por 15 minutos.
- ✓ Añadir 0.5ml de Azul de metileno, y seguir añadiendo pequeñas cantidades de la solución de ensayo de 1 ml y dejar hervir por 10 segundos entre dos adiciones.
- ✓ Hasta que el punto final de la valoración se da por ausencia del color azul impartido por el azul de metileno por el rojo ladrillo que indica la presencia del cobre.

EXPRECION DE RESULTADOS

Método para cálculos. Los azucares fermentables (AF) en %, se determinan por la siguiente fórmula: **AF=ART-ARI**

Donde:

ART azucares reductores totales calculados, en %

ARI azucares reductores infermentables, calculados en %, los cuales se determinan por la siguiente formula.

$$ARI=0,1FV/mVs$$

Donde:

0,1: es un factor para compensar la dilución de la muestra

V: es el volumen, en ml de la solución de ensayo que contiene m g de la muestra.

m: es la masa, en gr, de la muestra utilizada para preparar la solución de ensayo

Vs: es el volumen medio, en mL, de la solución de ensayo gastado en la valoración.

F: es el factor que relaciona la masa de la sacarosa (ms) con los mg de azúcar invertido. Ver anexo 12 .

3.15 DETERMINACION DE TURBIDEZ POR ASPECTO VISUAL

Principio del método

Los procedimientos son aplicables a las soluciones de etanol y se les utiliza para detectar impurezas insolubles, cuya presencia responde a problemas de contaminación fundamentalmente. No sirven para determinar el tipo o la cantidad de impurezas presentes

Procedimiento

- ✓ Transferir 30ml de la muestra de etanol a un tubo de Nessler perfectamente limpio y llevar a volumen con agua destilada.
- ✓ mezclar bien y dejar en reposo para eliminar las burbujas formadas.
- ✓ Adicionar a un segundo tubo de Nessler 100ml de agua destilada para ser usado como blanco.
- ✓ Comparar la solución de la muestra con el blanco, realizando las observaciones según el eje longitudinal de los tubos contra un fondo negro y colocando una luz artificial lo suficientemente cerca de tal forma que la luz directa incida perpendicularmente en las paredes de los tubos.

Si la solución de la muestra es tan clara como el blanco de agua, la muestra ha pasado la prueba.

CAPITULO IV

EQUIPO MATERIAL Y REACTIVOS

4.1 EQUIPOS

- ✓ Termómetro
- ✓ Cronometro
- ✓ Hot plate
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Balanza semi- analítica
- ✓ Potenciómetro que aprecie 0.1 unidades de pH
- ✓ Cromatografo de gas compuesto por
- ✓ Detector de ionización de llama, con registrador e integrador electrónico
- ✓ Columnas para la determinación de acetaldehído, acetona, acetato de etilo, y alcoholes superiores(15% Hallcomid M-18-~~OL~~ sobre cromosorb W-AW-DMCS,80/100mesh o 100/120 mesh; 6mm ~~O/E~~ x 2mm ~~O1x3~~000mm de vidrio O 1/8" ~~Ø~~ E x 1/16" ~~O~~X3000mm ~~de~~ acero inoxidable) para la determinación de benceno y acetal(15% Hallcomid M-18 sobre cromosorb W-HP,100/120mesh,1/8" ~~O~~E~~X~~1/16" ~~O1x3~~300mm de acero inoxidable).

4.2 MATERIAL

- ✓ Matraces aforados de 100,250,500,1000 y 2000ml
- ✓ Embudo y papel filtro
- ✓ Erlenmeyer boca estrecha de 250, 300ml
- ✓ Bureta de 50ml
- ✓ Bureta de mohr de de 50ml que aprecie 0.1 ml
- ✓ Pipetas de descarga total de 5,10,20, 50 y 100 ml
- ✓ Pipetas graduadas de 1y 5ml
- ✓ Probetas de 10,50 y 500ml.
- ✓ Pinza de mohr
- ✓ Hidrómetro
- ✓ Probeta de vidrio de 1000ml.
- ✓ Beacker de 1000ml
- ✓ Balones volumétricos de 50, 100,250ml

4.3 REACTIVOS

- ✓ Patrón Externo.
- ✓ Azul de metileno
- ✓ Solución de FelingsA
- ✓ Solución de Felings B
- ✓ Agua destilada
- ✓ Soluciones tampón pH 4 y pH 7
- ✓ Solución de Fenosulforenoftaleína
- ✓ Hidróxido de Sodio 0.05N.
- ✓ Cloruro de Cobalto
- ✓ Nitrato de Uranio
- ✓ Permanganato de potasio
- ✓ Aire sintético puro flujo aproximado de 300 a 400ml/m Nitrógeno Ultra puro flujo aproximado de 15 a 30ml/min.
- ✓ Hidrogeno ultra puro flujo aproximado de 30ml/min.

4.4 RESULTADOS FINALES DE LOS ANALISIS DE MELAZA

Los resultados de los análisis post- operacionales de la melaza se presentan en el siguiente cuadro(los resultados son expresados en %)

ANALISIS	M1 (Zafra 2008- 2009)	M2 (Zafra 2008- 2009)	% medios de Resultados	M3 Zafra (2009- 2010)	M4 Zafra (2009- 2010)	% medios de Resultados
Azucares Reductores	12.19	13.12	12.66%	10.94	13.62	12.28%
Azucares Totales	50.03	52.08	51.09%	48.19	49.50	48.85%
Brix Hidrométrico	87.56	89.42	88.49%	87.19	88.00	87.60%
Brix refractometrico	83.88	85.30	84.59%	83.48	84.36	83.92%
Pureza	33.34	31.49	32.42%	33.99	32.93	33.46%
Sacarosa aparente	34.54	31.49	33.02%	33.97	34.95	34.46%
pH	5.59	5.63	5.61	5.87	5.61	5.74
Azucares Infermentables	3.5	2.9	3.20%	4.2	3.7	3.95%

4.5 PORCENTAJES DE RENDIMIENTOS OBTENIDOS DEL ETANOL

MUESTRA	VOLUMEN DEL MOSTO	ML DE ETANOL OBTENIDO	% DE RENDIMIENTO
M1	3000ml	372ml	12.4
M2	2800ml	252ml	9.0
M3	2500ml	72ml	2.88
M4	1500ml	209ml	13.93

4.6 ANALISIS REALIZADOS AL ETANOL OBTENIDO

Análisis	M1	M2	M3	M4
Acidez Total	3.1	2.5	1.2	0.061
Tiempo de KMnO ₄	2Min	1.55Min	1.72Min	0
Turbidez	0	0	0	0
Grado Alcohólico	-	-	-	96.51v/v

4.7 INTERPRETACION DE RESULTADOS

Los resultados de los análisis de la melaza de los diferentes periodos de zafra utilizados, tienen cierta variación, esto posiblemente se deba al tiempo de almacenamiento que tenia cada una de las materias primas, en el ingenio es decir la muestra de la zafra del periodo 2008-2009, los resultados son más altos que los de la zafra 2009-2010.

Esta última muestra, fue tomada iniciando la zafra, mientras que el otro muestreo fue tomado casi iniciando el nuevo periodo de zafra; Las melazas entre más tiempo tienen de almacenamiento los azúcares reductores aumentan, de igual forma los grado brix, estos expresan la cantidad de sólidos contenidos en la muestra, también el color se vuelve más oscuro.

Mientras que la sacarosa y la pureza disminuyen el pH también esto se debe a que los azúcares contenidos en la melaza han sido fermentados produciendo ácido acético.

Los porcentajes de rendimientos de obtención del etanol se compararon con los que obtiene la destilería la cabaña, esta de un galón de melaza obtienen un 30% de rendimiento de alcohol anhidro con un grado alcohólico de 96.10 a 96.20% V/V Mientras que los rendimientos nuestros no llegan a la mitad de estos.

Los bajos rendimientos de producción podrían deberse a muchas limitantes que vienen desde el proceso de fermentación hasta la destilación como la carencia de cubas de fermentación, y Centrifugas separadoras de levadura estas permiten hacer un recuento de la cantidad de microorganismos necesarios requeridos para una fermentación excelente, para esto el recuento debe andar en $250 \times 10^6 \text{ cm}^3$ a $500 \times 10^6 \text{ cm}^3$ de levadura.

El rendimiento de la muestra número tres es muy bajo debido a que en el momento que se procedía la destilación fraccionada, se escapo el vapor de la columna de Bigro.

Al producto obtenido se le realizan pruebas que caractericen la presencia del etanol como: Acidez total, Turbidez, Tiempo de permanganato (Tiempo de Barbet), esta es una prueba muy importante y característica de los alcoholes, dependiendo del grado alcohólico contenido en la muestra, así será el tiempo del permanganato.

El grado alcohólico representa la concentración del alcohol que se ha obtenido, en este caso nosotros obtuvimos un 96.50% v/v esto quiere decir que es un alcohol anhidro y que comparado con las concentraciones que utiliza la destilería la cabaña (96.10 a 96.20%v/v).los nuestros están muy buenos.

Cromatografía de gases: Este análisis determina que tan puro es el etanol que se a obtenido, detallando cada uno de los diferentes compuestos presentes en la muestra, apegados a los parámetros de calidad de la Norma Salvadoreña Obligatoria.

Los resultados Obtenidos en el análisis de cromatografico de los factores de calidad como Grado Alcohólico, Acidez, Aldehídos, Esteres, Alcoholes Superiores, Apariencia, Estos resultados son bajos de acuerdo a los parámetros de calidad de la norma salvadoreña .Ver anexo # 13

En el resultado obtenido en el cromatógrafo puedo respaldar que el etanol obtenido, puede ser utilizado como combustible.

CAPITULO V

5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

- ✓ A pesar de haber obtenido el etanol a nivel de laboratorio el alcohol cumple con el grado alcohólico 96.51 %v/v y todos los análisis requeridos para utilizarse como combustible.
- ✓ En algunos resultados el porcentaje de rendimiento es bajo debido a que hubo una fuga en la columna de bigrog mientras se destilaba.
- ✓ La zona Oriental tiene tierras para cultivar caña de azúcar y producir etanol, de esta forma se contribuiría al agro y mejorar la canasta energética del país y la generación de empleos en la zona.
- ✓ Los precios altos del petróleo, alientan nuevos proyectos de fuentes energéticas alternativas y tecnologías menos contaminantes. Como el etanol carburante y el biodiesel.
- ✓ Los precios bajos del petróleo desencadenan un abuso del consumo de energías no renovables y no alientan al sector bioenergético.
- ✓ Respaldo que el producto obtenido en esta investigación es etanol mediante el análisis de cromatografía.

5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ El crecimiento económico de la zona oriental solo se puede dar si hay oferta de recursos energéticos derivada de productos agrícolas.
- ✓ El gobierno debe generar condiciones que permitan continuar invirtiendo para Desarrollar fuentes de energías limpias y renovables y reducir la contaminación Ambiental.
- ✓ Que las autoridades de la FMO. Proporcione al laboratorio de química materiales, Reactivos y equipos de los cuales este carece, y que son de gran importancia para el manejo y uso de los estudiantes de química.
- ✓ Que el gobierno apruebe el marco regulador de la ley del uso del etanol como combustible.
- ✓ Si se producen biocombustibles hay que consumirlos de esta manera estamos contribuyendo al desarrollo de nuestro país y a la generación de muchos empleos.

CAPITULO VI

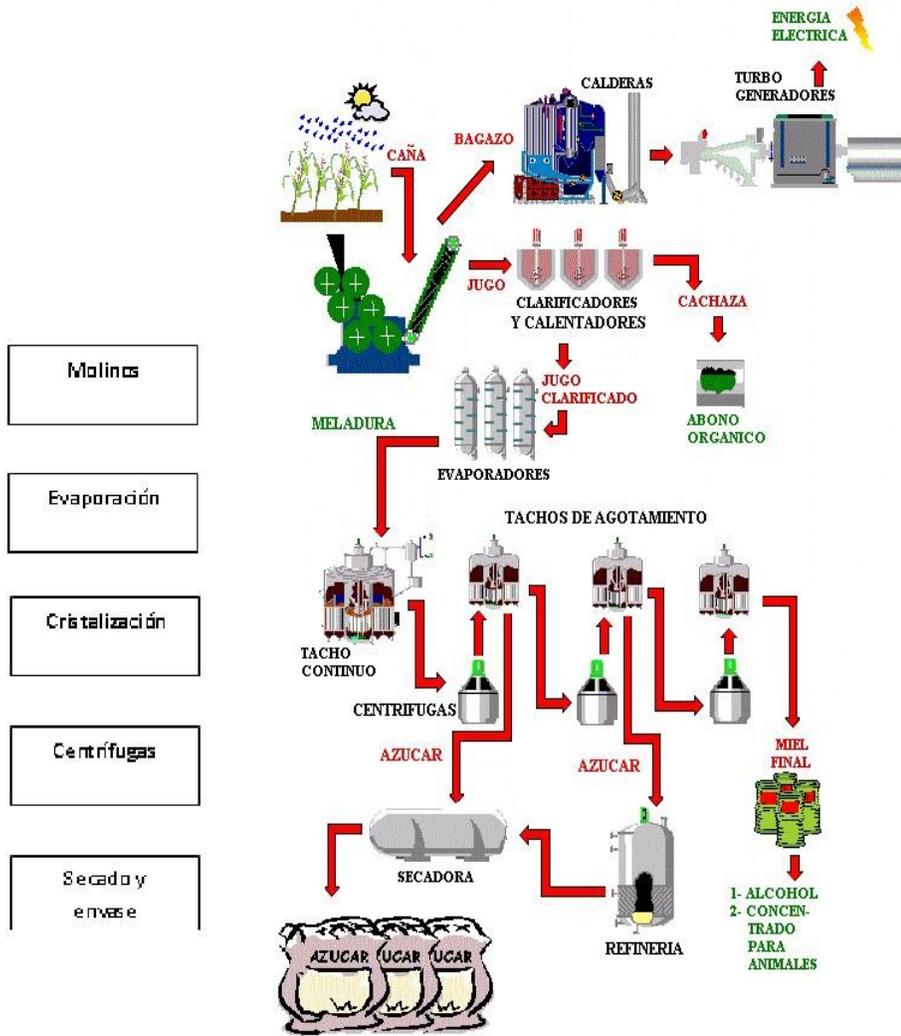
BIBLIOGRAFÍA

1. Agro energía avanza el diseño político nacional de biocombustible, anuario 2006.
2. Atlas de la agro energía de los biocombustibles en las Américas IICA.
3. Asociación azucarera del Salvador. Energía para el desarrollo de el salvador, Organización de los estados americanos foro#4, del sector privado energía para el desarrollo de las Américas, el rol de las alianzas publico privadas, panamá 2007.
4. Asociación colombiana de cultivadores de caña de azúcar.www.Asocaña.org
5. Bases estadísticas sobre producción la FAO.www.fao.org
6. Biocombustibles, Brasil y panamá, exploran inversiones promex.
7. Briseño Carlos Omar, disposición de vinazas, producidas en el sector azucarero colombiano.
8. Cadena del etanol IICA
9. CENICAÑA. www.canicaña.org.
10. CETRA. Centro de investigaciones y desarrollo de transporte cubano.
11. Comisión nacional de productores de azúcar(CNPA); información de las capacidades de los ingenios de Nicaragua.
12. Comisión nacional del etanol; perspectivas del uso del etanol anhidro, 2005.

13. Comunicado de prensa de la unión europea.
<http://www.europea.eu.int/rapid/press>.
14. El peruano; Perú inicia era del etanol como biocombustibles
15. Federación nacional de biocombustibles.
<http://www.fedebiocombustibles.com/guabirá.unagro>
16. Germek Germán Amaral; Fermentación Alcohólica, colección geplacea ,1989
17. Manual de análisis químico del etanol, Colección geplacea
18. Mercado emergente de los biocombustibles. Conferencia de las naciones unidas.
19. Ministerio de la industria y comercio, avances en panamá en el uso de los biocombustibles/[documens/pdf-22-7%20panama](#).
20. Ministerio de energía y minas. www.menergia.gov.ec.
21. Nogueira Horta Luis Augusto, costos y precios para el etanol combustible en América central y el Caribe
22. Pérez Ramón y Juárez Antonio. Bioquímica de los microorganismos
23. Rivas Salvador. E, Biocombustibles en El Salvador,
24. Sandoval Doris, Biocombustibles alternativa ambiental situación actual de Honduras, centro de estudios y control de contaminantes.
25. Schmelkes Corina, Manual para la presentación de anteproyectos e informes de investigación

26. Tamayo Mario Y Tamayo, Proceso de la investigación científica manual de evaluación de proyectos, Segunda edición Editorial Limusa Grupo Noriega Editores.
27. Trejo García Elma del Carmen, Estudios de derecho comparado y marco jurídico internacional sobre biocombustibles / bioenergéticas, centro de documentación, información y análisis.
28. Wikipedia , la enciclopedia libre; destilación fraccionada.

ANEXOS



- Molinos
- Evaporación
- Cristalización
- Centrifugas
- Secado y emvasado

ANEXO #1 Diagrama de Producción de azúcar.

Subproducto	Definición	Utilización
Miel	También llamadas melazas, es un líquido denso y viscoso de color oscuro, es producto final de la fabricación y refinación de la sacarosa.	Como concentrado para los animales y como suplemento alimenticio para el hombre.
Cachaza	Residuo que se elimina de la clarificación del jugo de caña durante la fabricación del azúcar, es un material rico en fosforo y calcio, Nitrógeno y materia orgánica pero pobre en potasio.	Se usa principalmente como abono ya que mejora algunas propiedades físicas y químicas del suelo aunque también se utiliza como alimentación del ganado vacuno y en la obtención de ceras y aceites.
Bagazo	Desecho que queda después de la molienda de la caña de azúcar y está formado por un conjunto de partículas de diferentes tamaños, cuyo promedio oscila alrededor de 2 y 2.5cm, el resto consta de sólidos solubles e insolubles.	Como combustible en las calderas que le dan energía a los ingenios.

Anexo#2. Subproductos de la fabricación de azúcar.

Clasificación	Definición
Melaza superior blackstrap	Melaza de caña que contiene el 23.4% de agua o menos y 53.5% o más de azucares totales.
Melaza blackstrap	Melaza compuesta por 23.5% a 26.4% de agua y 48.5% a 53.5% de azucares totales.

Anexo#3. Clasificación de la melaza recomendada por la AAFCO.

Clasificación	Definición
Melaza blackstrap	Es el subproducto de la elaboración del azúcar, cuyo porcentaje de materia sólida en peso (grados brix) diluido con igual peso de agua es de 42.5 grados brix.
Melaza de caña alimenticia	Es la melaza blackstrap diluida a una concentración de grados brix no menor de 39.7, a este producto no se le ha especificado un valor de concentración de azúcares.
Melaza High o jarabe invertido	Es el producto obtenido por la obtención del jugo clarificado, hasta un porcentaje de materia sólida en peso de 85% e invertido con ácido o con invertasa.

Anexo #4. Clasificación de la melaza según el porcentaje de materia sólida en peso o grados brix.

Utilización	Generalidades
Alimentos	Alimentación rica
Animales	Alimentación menos rica, desecados sobre pulpas mezclas con diversos alimentos. Pulverizado de forraje, suplemento de ensilaje.
Recuperación de alimento desasucarados	Vinazas para la obtención de ácido glutámico, lejías finales como alimento animal y para la obtención de aminoácidos.
Fermentación	Levaduras para panificación, para alimentación humana y animal fuente de enzimas vitaminas y ácidos nucleicos, además es el sustrato utilizado en la producción de proteínas unicelulares, grasas de levaduras, etanol, y productos colaterales de fermentación alcohólica.

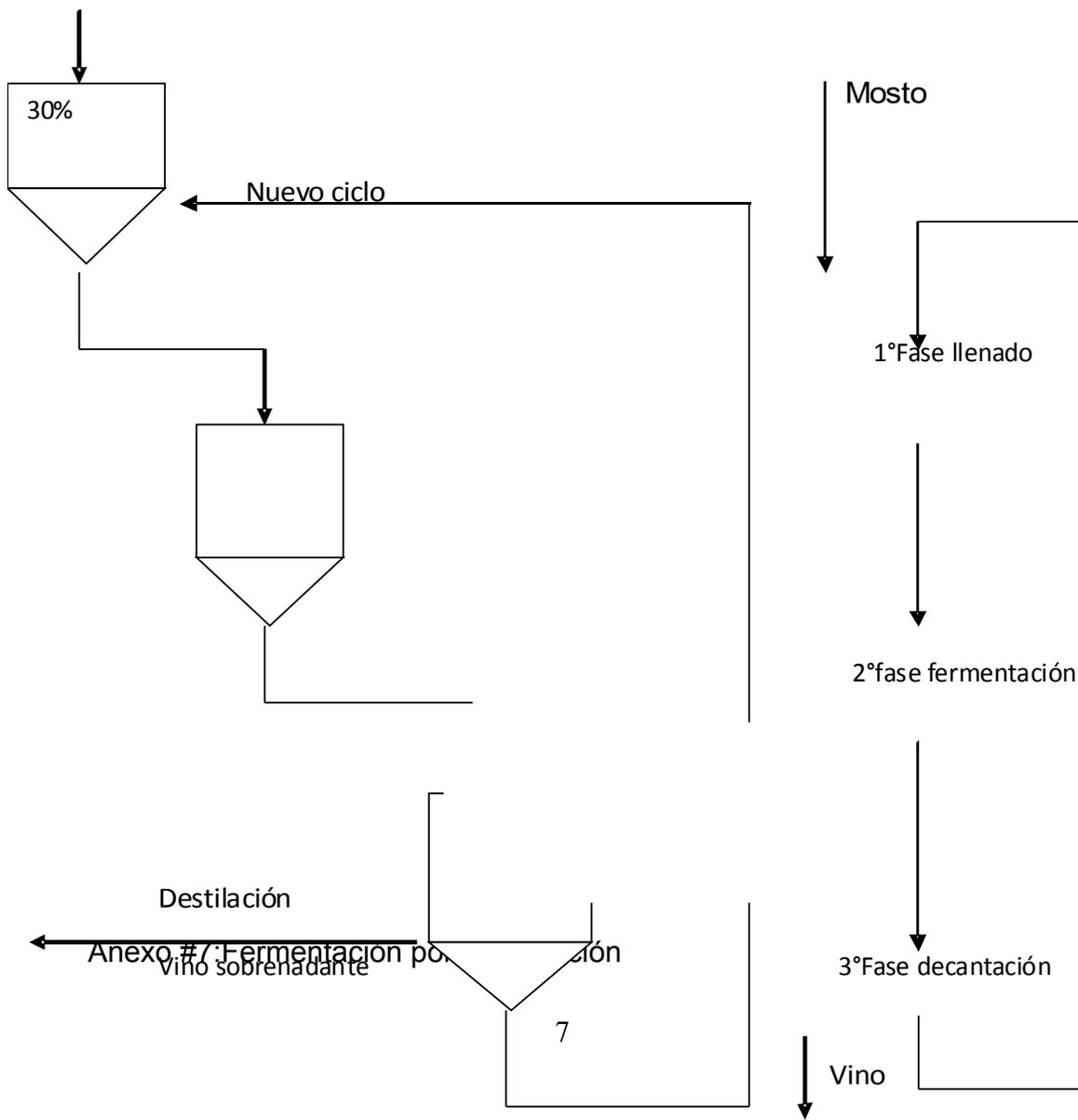
Anexo#5. Aprovechamiento de la melaza.

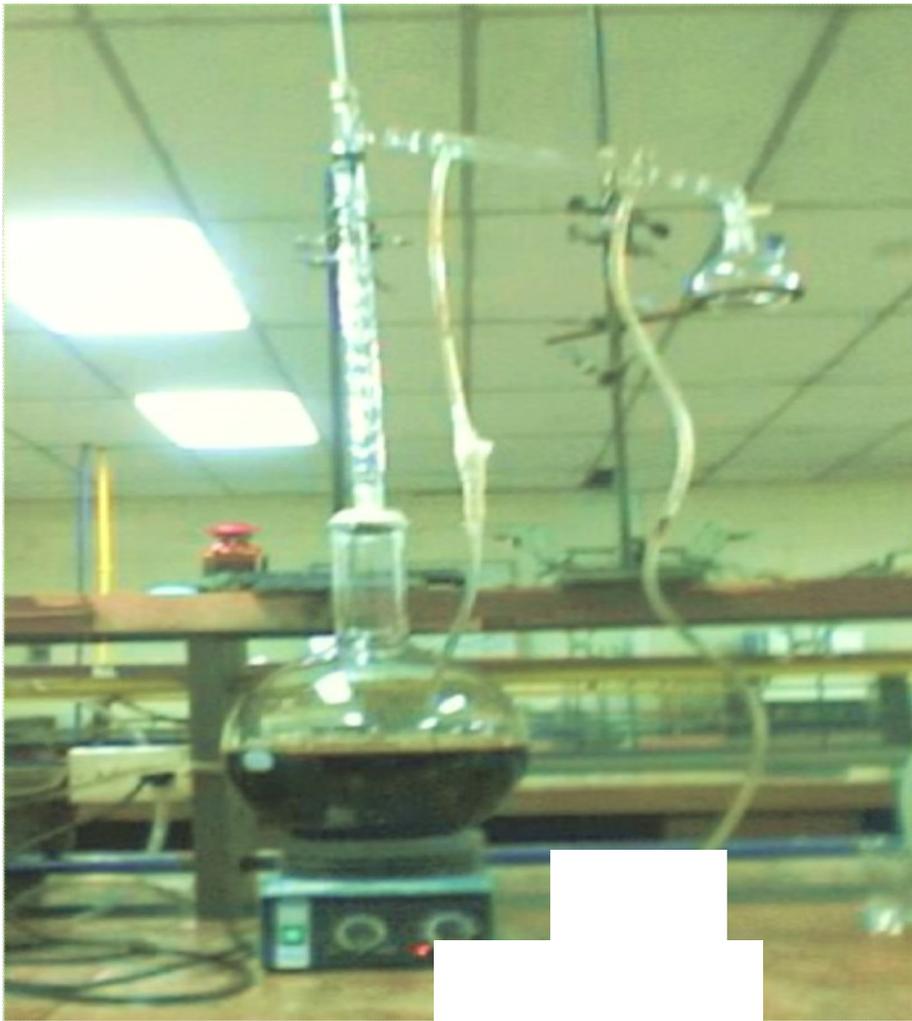
Fermentación	ión
Láctica	Es diagnosticada por la elevada acidez del mosto y la disminución de la espuma su temperatura en la banda oscila entre 30 y 45°C, el medio neutro y la concentración de azúcar hasta el 20%, son condiciones favorables para su desarrollo.
Butírica	Se da a conocer por un fuerte olor a rancio y aumento en la acidez, su temperaturas en la banda oscilan entre 30 y 35°C, un medio poco ácido son condiciones favorables para su desarrollo.
Dextranica	Esta se presenta como una capa gelatinosa, diagnosticada por el aumento de la viscosidad del medio, el estado de conservación de la materia prima, levemente ácido o alcalino son condiciones favorables

	en su desenvolvimiento sus temperaturas son entre 30 y 35°C.
Levanica	Aumento de su viscosidad en el medio, resultando en la formación de grandes burbujas persistentes en la cuba.

Anexo #6. Diferentes tipos de fermentaciones, contaminantes del mosto.

PROCESO DE FERMENTACION POR DECANTACION





Anexo #8ª Destilación fraccior



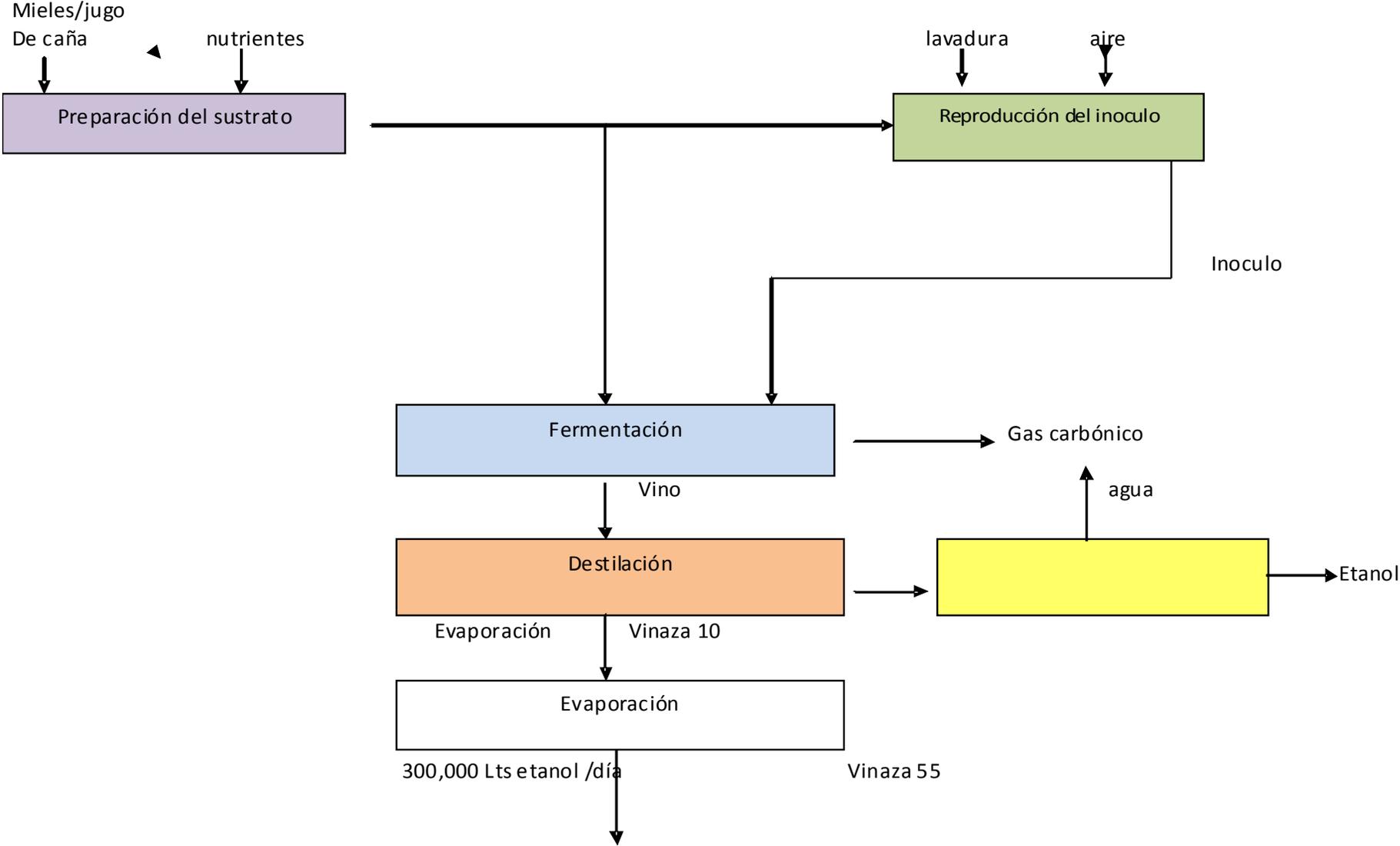
Anexo#8^b Destilación Simple

T°C	14	15	16	17	18	19	20
-----	----	----	----	----	----	----	----

Correc	-0.42	-0.36	-0.28	-0.21	-0.14	-0.7	0.0
T°C	21	22	23	24	25	26	27
Correc	+0.08	+0.15	+0.23	+0.31	-0.38	+0.47	+0.54

Anexo# 9 Tabla de corrección de temperaturas

PROCESO DE PRODUCCION DEL ETANOL



Sub producto	Definición
Vinaza	La composición de las vinazas en general contienen un gran contenido de materia orgánica y nutrientes como nitrógeno fosforo, azufre, potasio, además contiene aldehídos orgánicos y aldehído.
Aceite de fusel	Es una mezcla volátil y venenosa de los alcoholes isoamilico, butílico, y heptílico. Se utiliza como disolvente de numerosas resinas naturales y sintéticas, diluyente de líquidos para frenos tintas de imprentas y lacas.

Anexo #11 Sub productos generados por la producción de etanol

Ms (g)	F(mg,A.I)	Ms (g)	F (mg,A.I)
0.0	52.5	10.0	40,8
0.25	51.0	12,0	39,5
0,5	50.4	14,0	38,3
1,0	49.3	16,0	37,2
2,0	47.8	18,0	36,2
4,0	45.5	20,0	35,2
6,0	43.7	25,0	32,8
8,0	42.2		

Anexo #12 Relación entre la masa de la sacarosa en el erlenmeyer (ms, g) y el factor (F,mg azúcar invertido,A.I).



Km 39½ Carretera Troncal del Norte,
Tel. Fabrica (503) 2393-9900, Fax

al, San Salvador, El Salvador
910 y 2263-1100 en San Salvador
e-mail: lacabana@ilcabana.com website: www.ilcabana.com

CERTIFICADO DE ANÁLISIS
ALCOHOL ETILICO 96° G.L PURO NEUTRO

FECHA DE EMISION: 21 de junio de 2010.

FACTOR DE CALIDAD	MÉTODO DE ANÁLISIS	PARAMETROS DE CALIDAD	VALOR OBTENIDO
Grado alcohólico (% volumen)	Densímetro	Mínimo 96.0% Vol.	96.51
Acidez (acido acético)	GC – FID	Máximo* 2.0	0.061
Aldehídos (acetaldehído)	GC – FID	Máximo* 1.5	0.5
Esteres (acetato de etilo)	GC – FID	Máximo* 7.0	0.00
Alcoholes superiores (alcohol amílico)	GC – FID	Máximo* 7.4	0.41

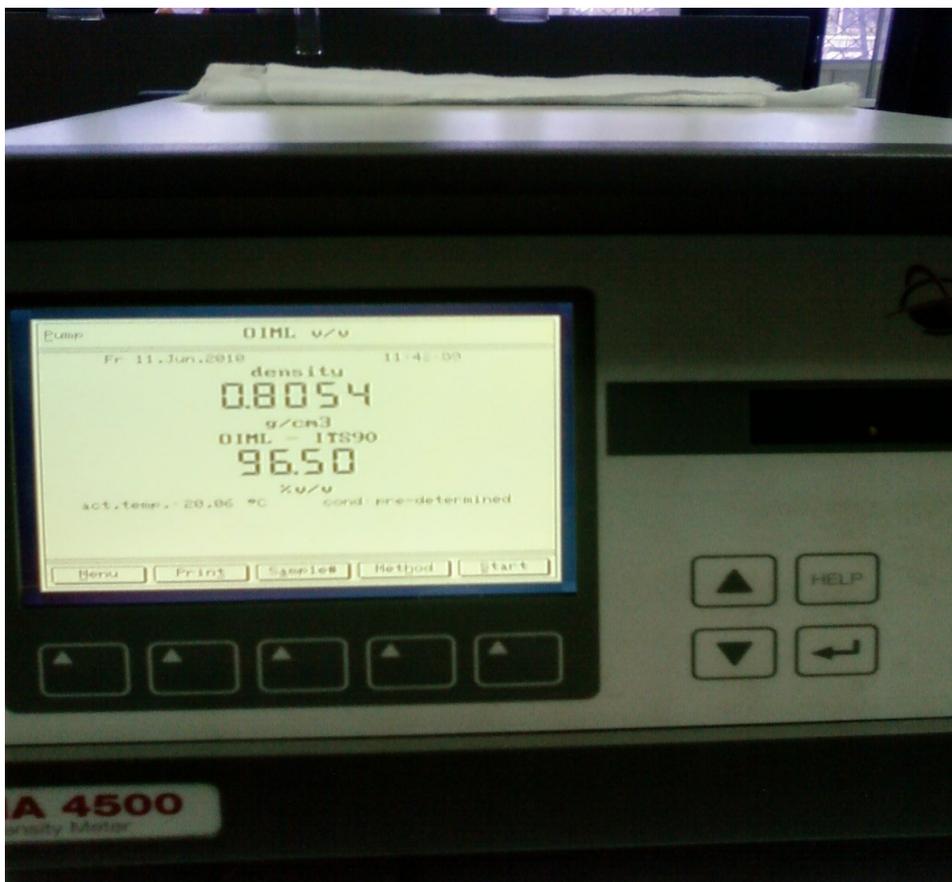
Alcoholes metílico (metanol)	GC – FID	Máximo* 39.5	0.72
Apariencia	Visual	Líquido, claro incolore	Líquido, claro incolore

Parámetros de calidad según Norma Salvadoreña Obligatoria 71.09.01.98.

- Valores expresados en mg/100 ml de alcohol anhidro.

Este producto cumple todos los requisitos y parámetros de la Norma Salvadoreña Obligatoria 71.09.01.98, por lo que clasifica como alcohol Clase A; Alcohol Etílico Potable, Por consiguiente puede ser utilizado para consumo humano.

Anexo N° 13 Certificado de análisis Cromatografico.



Densímetro de medición de grado alcohólico y densidad



Vehículo propiedad del ingenio la cabaña que solo utiliza etanol como combustible.

