

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**ELABORACION EXPERIMENTAL DE ALCOHOL ETILICO A PARTIR DEL
FRUTO DE ALGARROBO**

Por:

ELIZABETH ARAMAYO COLQUE

Modalidad de graduación: Investigación Aplicada, presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.

Junio de 2018

TARIJA-BOLIVIA

ADVERTENCIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, y empujones vertidas en el mismo, siendo estas responsabilidades del autor.

DEDICATORIA

Dedico el proyecto de grado a toda mi familia en especial a mi querida madre por el apoyo incondicional que me brindo, a mi padre y abuelita que desde el cielo me acompañan, a mis Hermanas y sobre todo a mi querido hijito Isaac Aron Chilaca Aramayo . A mi docente guía ing. Miguel Ángel Vargas

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme la oportunidad de culminar esta nueva etapa de mi vida y por darme una familia maravillosa unos padres y Hermanas que me apoyaron siempre y nunca dudaron de mi capacidad

PENSAMIENTO

El hecho de que Dios nos haya brindado vida a través de nuestros padres es una gran fortuna, el obra siempre a nuestro Favor muchos lo llaman destino, cuidemos nuestras fortunas porque para que aprendamos a valorarlas algún día nos faltaran

Elizabeth Aramayo C.

RESUMEN

El fruto del algarrobo (*prosopis Sp*), conocida comúnmente como algarroba, tiene la forma de una vaina la cual tiene un elevado valor alimenticio, que tiene como principal característica un alto contenido de azúcares.

El algarrobo tiene un potencial de producción de alcohol etílico.

El presente proyecto de grado demuestra la posibilidad de elaborar alcohol etílico a partir de los frutos de algarrobo (*prosopis Sp*) por fermentación del extracto azucarado.

El extracto azucarado del fruto del algarrobo se obtuvo de vainas seleccionadas, secadas y posteriormente molidas, para iniciar el proceso fermentativo se acondiciono el extracto azucarado a las condiciones adecuadas de PH y grados Brix se trabajó a condiciones ambientales.

El proceso de fermentación duro una semana, posteriormente se clarifico antes de llevarla a la destilación la cual es la última etapa de producción.

INDICE DE CONTENIDO

ADVERTENCIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
PENSAMIENTO.....	iv
INTRODUCCION	0
ANTECEDENTES.....	1
DATOS HISTORICOS DEL ALGARROBO.....	2
OBJETIVOS	4
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
JUSTIFICACION	5
ASPECTO ECONÓMICO	5
ASPECTO TECNOLÓGICO	6
ASPECTO SOCIAL	6
ASPECTO AMBIENTAL	6
CAPITULO I.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
1.1. GENERALIDADES DEL ALGARROBO.....	7
1.2. PRODUCCION DE ALGARROBA EN TARIJA.....	8
TABLA I-1 SUPERFICIE TERRITORIAL Y PRODUCCIÓN DE ALGARROBO.....	8
1.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ALGARROBA.....	10
1.4.1. PULPA	10
1.4.2. ENDOCARPIO	11
1.5. CULTIVO REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS	13
1.6. FLORACIÓN	14
1.7. FRUTO.....	14
1.8. PARTES DE LA ALGARROBA.....	15
1.9. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	18
1.10. ETANOL	19

1.11. PRODUCCION DE ALCOHOL ETILICO EN BOLIVIA	21
1.11.1. ALCOHOL BOLIVIANO FOR EXPORT	21
1.13. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA	28
1.14.FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA	30
1.15.PROCESOS DE OBTENCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO	31
1.15.1.PROCESO DE FERMENTACIÓN DISCONTINUO	31
1.15.2 DESTILACIÓN	32
1.15.3. DESTILACIÓN SIMPLE	33
1.15.4. DESTILACIÓN FRACCIONADA.....	33
1.16.EXPORTACIONES DE ALCOHOL ETÍLICO QUE REALIZA BOLIVIA	34
CAPITULO II	12
CAPITULO II	41
2.1 PARTE EXPERIMENTAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACION.....	41
2.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DESCRIPTIVO DE INVESTIGACIÓN	41
2.3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE MATERIAS PRIMAS	42
FIGURA 2-1 FRUTOS DEL ALGARROBO.....	42
TABLA II-1 ANALISIS FISICOQUIMICOS DE LAS VAINAS DE ALGARROBO	43
2.4. DISEÑO FACTORIAL.....	43
2.4.1. PARAMETROS PARA LA OBTENCION DE ALCOHOL ETILICO A PARTIR DE LOS FRUTOS DE ALGARROBO	44
TABLA II-2. PARAMETROS PARA LA OBTENCION DE ALCOHOL ETILICO A PARTIR DE LOS FRUTOS DE ALGARROBO	44
TABLA II-3 NIVELES DE LAS VARIABLES PARA LA FERMENTACION	45
2.4.2. PARAMETROS PARA LA OBTENCION DE ALCOHOL ETILICO A PARTIR DEL FRUTO DE ALGARROBO EN LA DESTILACION	46
TABLA II-5 PARAMETROS PARA LA OBTENCION DE ALCOHOL ETILICO A PARTIR DEL FRUTO DE ALGARROBO.....	46
TABLA II-6 NIVELES DE LAS VARIABLES PARA LA FERMENTACION	47
TABLA II-7. COMBINACION DE LAS VARIABLES DE DESTILACION	48
FIGURA 2-2 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA OBTENCION DE ALCOHOL ETILICO A PARTIR DE LOS FRUTOS DE ALGARROBA	49
.....	49
2.6. PROCESO DE OBTENCION DE ALCOHOL ETILICO A PARTIR DE LOS FRUTOS DEL ALGARROBO	50

2.6.1. OBTENCION DE LA MATERIA PRIMA	50
FIGURA 2-3. FRUTOS DE ALGARROBO SECO	50
2.6.2. SELECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	51
2.6.3. LIMPIEZA DE LA MATERIA PRIMA.....	51
FIGURA 2-4. LIMPIEZA DE LA MATERIA PRIMA	51
2.6.4. SECADO DE LA MATERIA PRIMA	52
FIGURA 2-5. SECADO DE LA MATERIA PRIMA	52
Fuente: Elaboración propia ,2018.....	52
2.6.5. EXTRACCION DE SOLIDOS SOLUBLES.....	53
TABLA II-8. CARACTERISTICAS DEL MOLINO DE BOLAS	53
2.6.6. PESADO.....	53
TABLA II-8. CARACTERISTICAS DE LA BALANZA ANALITICA ELECTRONICA.....	54
2.6.7. TRATAMIENTO TERMICO.....	54
TABLA II-9 CARACTERISTICAS DE TERMOSTATO DE INMERSION	55
2.6.8. ACONDICIONAMIENTO DE MOSTO.....	55
FIGURA 2-6 HARINA DE ALGARROBO	56
2.6.9. FERMENTACION	56
TABLA II-10 CARACTERISTICAS DE REFRACTOMETRO DIGITAL	57
2.6.10. FILTRACION.....	59
FIGURA 2-5. FILTRACION	60
2.6.11. DESTILACION SIMPLE	60
TABLA II-11 CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE DESTILACION	61
2.6.12. ENVASADO	61
2.6.13. ETIQUETADO	61
2.7. ANALISIS FISICOQUIMICOS REALIZADOS	61
TABLA II-13 ANALISIS FISICOQUIMICOS DEL ALCOHOL ETILICO	62
BALANCE DE MATERIA	62
2.8.1. BALANCE DE MATERIA EN EL MOLINO DE MATERIA PRIMA	63
2.8.3 BALANCE DE MATERIA EN LA FILTRACION	65
2.8.4. BALANCE DE MATERIA EN LA DESTILACION	66
2.9. BALANCE DE ENERGIA	68
2.9.1. CALOR GENERADO PARA CALENTAR LA MUESTRA	68
2.9.2 CALOR LATENTE DE VAPORIZACION	70

2.9.3. CALOR ABSORBIDO POR EL CONDENSADOR	70
2.9.4 CALOR TOTAL.....	71
3.1.1. RESULTADOS GENERALES DE LA MOLIENDA Y LA INOCULACION DE LEVADURA	73
3.1.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PROCESO DE FERMENTACION.....	73
3.1.2.1. Variación de azúcares fermentecibles Muestra 1.....	74
TABLA III-1 MEDICION DE LA DEGRADACION DE DE 9°BRIX EN 7 DIAS Y 3.00 GR DE LEVADURA PARA LA FERMENTACION.....	74
3.1.2.2. Variación de azúcares fermentecibles Muestra 1 replica 2.....	75
TABLA III-2 MEDICION POR DIA DE LA DEGRADACION DE 9°BRIX EN 7 DIAS Y 3.00 GR DE LEVADURA PARA LA FERMENTACION	75
2.1.2.3. Variación de azúcares fermentecibles Muestra 2.....	76
TABLA III-3. MEDICION POR DIA DE LA DEGRADACION DE 7°BRIX EN 7 DIAS Y 4.8 GR DE LEVADURA PARA LA FERMENTACION	76
2.1.2.4. Variación de azúcares fermentecibles muestra 2 replica 2	77
TABLA III-4. MEDICION POR DIA DE LA DEGRADACION DE 7°BRIX EN 7 DIAS Y 4.8 GR DE LEVADURA PARA LA FERMENTACION	77
2.1.2.5. Variación de azúcares fermentecibles Muestra 3.....	78
TABLA III-5. MEDICION POR DIA DE LA DEGRADACION DE 9°BRIX EN 7 DIAS Y 4.00 GR DE LEVADURA EN LA FERMENTACION.....	78
2.1.2.6. Variación de azúcares fermentecibles Muestra 3 replica 2.....	79
TABLA III-6. MEDICION POR DIA DE LA DEGRADACION DE 9°BRIX EN 7 DIAS Y 4.00 GR DE LEVADURA EN LA FERMENTACION.....	79
2.1.2.7. Variación de azúcares fermentecibles Muestra 4.....	80
TABLA III-6. MEDICION POR DIA DE LA DEGRADACION DE 7°BRIX EN 7 DIAS Y 5.5 GR DE LEVADURA PARA LA FERMENTACION	80
2.1.2.8. Variación de azúcares fermentecibles Muestra 4 replica 2.....	81
TABLA III-8. MEDICION POR DIA DE LA DEGRADACION DE 7°BRIX EN 7 DIAS Y 5.50 GR DE LEVADURA PARA LA FERMENTACION	81
FIGURA 3-1 DEGRADACION DE AZUCARES CON RESPECTO AL TIEMPO MUESTRA 1	82
FIGURA 3-2 DEGRADACION DE AZUCARES CON RESPECTO AL TIEMPO MUESTRA 1 REPLICA	83
FIGURA 3-3 DEGRADACION DE AZUCARES CON RESPECTO AL TIEMPO MUESTRA 2	84
FIGURA 3-4 DEGRADACION DE AZUCARES CON RESPECTO AL TIEMPO MUESTRA 2 REPLICA.....	85
FIGURA 3-5 DEGRADACION DE AZUCAR CON RESPECTO AL TIEMPO MUESTRA 3.....	86

FIGURA 3-6. DEGRADACION DE AZUCARES CON RESPECTO AL TIEMPO MUESTE 3 REPLICA	87
FIGURA 3-7. DEGRADACION DE AZUCARES CON RESPECTO AL TIEMPO MUESTRA 4 ...	88
FIGURA 3-8 DEGRADACION DE AZUCARES CON RESPECTO AL TIEMPO MUESTRA 4 REPLICA	89
3.1.3. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA FILTRACION	90
3.1.4. RESULTADOS OBTENIDOS DEL PROCESO DE DESTILACION	91
0.3459	91
TABLA III-11 RESULTADOS GENERALES DEL PROCESO DE DESTILACION	92
3.1.6. COMBINACION DE VARIABLES PARA LA DESTILACION	93
TABLA III-12 VARIABLES PARA LA DESTILACION	93
TABLA III-13 CONVINCACION DE VARIABLES DE DESTILACION	94
CAPITULO IV	73
CAPITULO IV	95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
4.1. CONCLUSIONES	95
4.2. RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFIA.....	98
BIBLIOGRAFIA.....	99
ANEXOS	0
ANEXO 1.....	0
TAXONOMIA DE LA ALGARROBA	0
ANEXO 2.....	2
ANALISIS FISICOQUIMICOS DE LA ALGARROBA	2
ANEXO 4.....	4
PROCESO DE OBTENCION DE ALCOHOL ETILICO	4

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

Las bebidas fermentables existen desde los albores de la civilización egipcia, y existe una evidencia de una bebida alcohólica llamada sura, destilada de arroz, fue utilizada entre los años 3000 y 2000 a de C.

Los Babilónicos adoraban a una diosa del vino tan antigua que data aproximadamente del año 2700 a. de C.

En Grecia, una de las primeras bebidas alcohólicas que gano popularidad fue el aguamiel, una bebida fermentada hecha de miel y agua. La literatura griega está llena de advertencias contra los excesos de la bebida.

Diferentes civilizaciones nativas americanas desarrollaron bebidas alcohólicas durante la época precolombina.

Una variedad de bebidas fermentadas de la región de los andes, en Sudamérica, se hacían a base de maíz, uvas o manzanas y se le dio el nombre de “chicha”.

En el siglo XVI, las bebidas alcohólicas (conocidas como “espíritus”) se utilizaban ampliamente con propósitos curativos. A principios del siglo XVIII, el parlamento ingles aprobó una ley que fomentaba el uso de cereales para la destilación de “espíritus”. Estas bebidas alcohólicas, sumamente baratas, inundaron el mercado y llegaron a su punto más alto a mediados del siglo XVIII. En el reino unido, el consumo de ginebra alcanzo los 68 millones de litros y el alcoholismo se generalizo.

En el siglo XIX trajo un cambio de actitud y una campaña antialcohólica empezó a promover el uso moderado del alcohol, algo que a la larga se convirtió en una prohibición total.

En 1920, en estados unidos se aprobó una ley que prohibía la fabricación, venta, importación y exportación de bebidas embriagantes.

El comercio ilegal de alcohol se disparó y en 1993 la prohibición del alcohol se canceló. (<http://www.vidasindrogas.org/drugfacts/alcohol/a-short-history>)

DATOS HISTORICOS DEL ALGARROBO

Los algarrobos son árboles multipropósito, denominado “Rey del desierto”, por los diversos beneficios directos e indirectos que proporciona, presentes en la Región del Gran Chaco, Paraguay, Bolivia y centro norte de Argentina.

Tres son las áreas en donde se supone que existió siempre, consideradas como áreas endémicas, de los ríos Bermejo, Teuco, Pilcomayo y Salado; de estas áreas se habría irradiado al resto del Chaco por acción antrópica.

La madera, del fuste con mayor diámetro, puede emplearse para diversos usos, es pesada y de gran durabilidad, compacta, de grano fino, color marrón chocolate, ligeramente perfumada, fuerte, de textura algo gruesa, con rayas finas y poros dispersos.

Es un árbol siempre verde, siendo utilizado en la fertilización de campos cultivados y para acondicionar frutos, son del género *prosopis* presentan gran resistencia a la sequía y a la salinidad, esto hace que su cultivo sea recomendado para detener el avance de la desertificación y erosión del suelo en zonas áridas y semiáridas, y tienen alta capacidad de fijar nitrógeno. Como especie para la reforestación, es valioso por su precocidad, tolerancia a la sequía y porque rinde madera buena, además de dar carbón de muy buena calidad. También es utilizado por las abejas, mejorando éstas la polinización y por consiguiente mayores rendimientos en frutos, además de la producción de miel; Vasconcelos.

Su fruto, la algarroba, es una legumbre con altos contenidos de proteínas e hidratos de carbono que varían en tamaño, color y características químicas, según la especie, las vainas son muy nutritivas y sabrosas, las consume todo tipo de ganado, cabras, ovejas, caballos y otros animales domésticos, con la capacidad de sustituir maíz y salvado de trigo en las dietas animales. También tiene la ventaja de producir frutos en la época de mayor sequía y cuando la disponibilidad de forraje natural está en su punto crítico, por ello el fruto se lo utiliza para la alimentación humana y animal en países en desarrollo (fagg y Stewart, 1994) Méndez (1985).

Del genero *prosopis* se conocen 44 especies en todo el mundo, distribuidas por América, sudoeste de Asia, y África, nativa de la costa norte de Perú, Ecuador y Colombia, ha sido naturalizada en Puerto rico y en la isla Molokai (Hawái).

Ha sido introducida como cultivo en el nordeste de Brasil, India y Australia, estas especies fueron utilizadas desde la era Preinca; los indígenas llamaban a estos árboles “taco” (en quechua) y fabricaban con estos frutos una bebida llamada “jupisin”, que se preparaba adicionando agua a los frutos molidos

Los ídolos precolombinos tallados de madera de algarrobo que hallaría el sabio Raymondi en el Perú hacían pensar que era conocido y utilizado desde los tiempos prehispánicos. El nombre algarrobo fue aplicado por los españoles, que reconocieron en *prosopis* cualidades muy similares a las de “algarrobo Europeo”

El alcohol etílico se obtendrá a partir de los frutos del algarrobo maduros de la especie *Prosopis sp*, proveniente de la provincia de Avilés, municipio del puente. El fruto del algarrobo, conocido comúnmente como algarroba, es una vaina de elevado valor alimenticio, que tiene como principal característica un alto contenido de azucares, reporta Estrada (1974) 36% de azucares solubles hidrolizables para frutos de algarrobo de origen Peruano; Figuereido (1987) reporta 29% de sacarosa para frutos de *P. pallida* cosechados en el noreste brasileño; Esta característica la convierte, entre las frutas conocidas, es la más ricas en azucares y con un tenor inclusive mayor al de la caña de azúcar, aptos para proceso fermentativos encaminados a la producción de alcohol , el aprovechamiento de esta materia prima sería de gran importancia para el desarrollo de diferentes productos ya que actualmente se cuenta con la materia que no es aprovechada a escala industrial

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Obtener alcohol etílico a nivel experimental a partir del fruto de algarrobo mediante un proceso fermentativo

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- caracterizar el fruto de algarrobo a partir de análisis fisicoquímicos y microbiológicas del fruto de algarrobo maduro de la variedad *prosopis sp*
- definir la metodología a seguir para la fase experimental del proceso de obtención de alcohol etílico a partir de frutos de algarrobo
- Identificar y establecer las variables del proceso fermentativo
- Fijar las variables para el proceso de destilación
- determinar el rendimiento de las vainas de algarrobo en la elaboración del etanol
- Realizar los análisis físico-químicas de alcohol etílico, obtenido del fruto del algarrobo maduro
- caracterizar el alcohol etílico en cuanto al tipo a la calidad.

JUSTIFICACION

En el departamento de Tarija existen diversos árboles nativos a causa de los diferentes factores climáticos que presenta, entre las mismas tenemos al algarrobo que posee un fruto con grandes potenciales para la industria.

Actualmente existen diversas iniciativas en el municipio de Villa Montes de parte de los comunarios para dar valor agregado al algarrobo de manera artesanal por lo que existe bastante producción del mismo.

Utilizar los frutos de algarrobo como materia prima para la obtención de alcohol etílico se convierte en una buena alternativa debido a que este alcohol tiene diferentes usos, tales como:

Es un buen disolvente, y puede usarse como anticongelante, desinfectante así también el alcohol etílico tiene la alternativa de usarse como combustible industrial y doméstico, estudios del departamento de energía de EUA (Estados Unidos Americanos) dicen que el uso de automóviles reduce la producción de efecto invernadero.

ASPECTO ECONÓMICO

El presente proyecto se justifica económicamente debido a que al contar con mercado para el alcohol etílico se podrá usar el fruto del algarrobo como materia prima, dándole a este un valor agregado que beneficiara económicamente a las poblaciones productoras generará diversas fuentes de trabajo.

El etanol tiene varias aplicaciones en la industria sin embargo el principal mercado a futuro se encuentra enfocado en su aplicación como combustible debido a las grandes ventajas que ofrece en esta rama

ASPECTO TECNOLÓGICO

La tecnología para obtener alcohol etílico de las algarrobas que técnicamente no se requiere de maquinaria especial y costosa para el procesamiento del algarrobo, por lo cual se pueden llevar adelante iniciativas de procesamiento a diferentes escalas.

ASPECTO SOCIAL

Apoyar la agricultura nacional, mejorar la situación económica de las áreas rurales y de los ingresos de los agricultores, para que los mismos mejoren su calidad de vida.

Con la realización del proyecto se beneficiarán de manera directa e indirecta principalmente a los productores y comunarios de la zona, debido al efecto multiplicador que se genera con la implementación de una industria

ASPECTO AMBIENTAL

Fomentar a la realización de proyecto basado en la plantación de los algarrobos en tierras erosionadas ya que las mismas ayudaran a restaurar estas tierras.

La producción de etanol nos ayudaría a emitir menor cantidad de dióxido de carbono utilizando el etanol como combustible

El procesamiento de este fruto no genera desechos industriales significativos que puedan dañar el entorno ecológico de la zona.

MARCO TEORICO

CAPITULO I

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. GENERALIDADES DEL ALGARROBO

El Algarrobo blanco es una de las especies nativas más importantes de nuestro país y tiene una extensa área de distribución que incluye los ecosistemas forestales de toda la Región Chaqueña de Argentina. Presente también en Brasil, Paraguay y Bolivia. La Región Chaqueña es una gran llanura subtropical con serranías de escasa elevación hacia el oeste. Las temperaturas máximas absolutas son de 44° C y las mínimas de -5 ° C a -10° C. Las precipitaciones varían desde 300 mm anuales en el sector sudoeste hasta los 1.200 anuales en el sector noreste. *Prosopis alba* es una especie de árboles pioneros, heliófilos, adaptados a condiciones de climas áridos y semiáridos con suelos salinos y degradados. La *Proposis alba* es considerada rústica, tiene una gran plasticidad, y soporta condiciones extremas de humedad y temperatura. También es fijadora de nitrógeno en simbiosis con bacterias. Si bien se han realizado plantaciones con esta especie, se trata de forestaciones jóvenes que no han llegado aún a su turno de corta final, por lo que la madera que se utiliza proviene en su totalidad del bosque nativo. De acuerdo con información de la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable, en 2009 se extrajeron 160 mil toneladas, de las cuales más del 70 % fueron de la Región Chaqueña. Los productos se clasificaron por orden de importancia cuantitativa en: rollizos, leña, rodrigones, postes y trocillos. En la provincia de Chaco se estima una producción de 100 mil toneladas anuales, con destino a la producción de muebles. Las estadísticas de la Dirección de Bosques de la provincia de Chaco contabilizan en 2010, 51.491 toneladas de rollos (valor de materia prima puesta en establecimientos industriales), correspondiente al cómputo de guías y vales de transporte. En cuanto a la superficie forestada con algarrobo se estima en 6 mil ha en la provincia de Chaco y en 2005 se plantaron 2 mil ha en la provincia de Formosa. Ing. Ftal. Di Marco, Ezequiel Área Técnica Promoción Dirección de Producción Forestal MAGyP edimar@minagri.gob.ar

1.2. PRODUCCION DE ALGARROBA EN TARIJA

En el departamento de Tarija el algarrobo se encuentra en su mayoría en el chaco Tarijeño (villa Montes) por las características de clima.

En la región de Gran Chaco es una formación semi-áridas que revela diferencias en el clima regional. Las temperaturas son altas durante todo el año, el promedio oscila entre 18 y 25 °C, y en verano a menudo excede el 40 ° C. Las temperaturas diarias cambio intensamente, y vienen a registrarse en un solo día, entre 15 y 20 C diferencia entre máximo y mínimo.

(Por: Martin Ayllon Ocampo)

TABLA I-1 SUPERFICIE TERRITORIAL Y PRODUCCIÓN DE ALGARROBO

Área	Especies	superficie(ha)	%	acumulado %
Tarija	4	0,5	0,53	80,86
Padcaya	1	1	0,61	98,9
Yacuiba	7	27,1	11,28	50,74
Carapari	4	2	0,51	57,03
Villa Montes	19	79,73	54,07	80,23
Entre Ríos	2	0,6	1,17	63,02
Totales	35	110,93	67,3	70,05

Fuente: Instituto Nacional de Estadística INE (2013)

1.3. VARIEDADES DE ALGARROBOS

La mayor parte de las variedades de algarrobo cultivadas en el mundo provienen de la cuenca Mediterránea. España es el primer productor de algarroba y, también, es el país que tiene una mayor biodiversidad de variedades cultivadas, superior al centenar, y las cuales se distribuyen en varias Autonomías, destacando la C. Valenciana, Cataluña, Baleares, Murcia y Andalucía. A continuación, se describen en la tabla 4.4 las más importantes

**TABLA I-2 VARIEDADES DE ALGARROBOS
CULTIVADAS EN ESPAÑA**

ESPECIE	EPOCA DE RECOLECCION
Banya de cabra	Media (mediados de septiembre)
Rojal	Media
Negra	Media y alternamente
Ralladora	Media
Casuda	Media
Matalafera	Temprana(agosto)
Melera	Media
Duraio	Media
Bugadera	Media
Ramillete	Tardía (octubre)
Sayalonga	Media-tardía

Fuente: Elaboración propia ,2018

Las observaciones citadas provienen de parcelas experimentales localizadas en distintas zonas del litoral español.

1.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ALGARROBA

El fruto o vaina de algarrobo tiene la siguiente composición:

TABLA I-3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE *P. PALLIDA*

Componente	%
Humedad	18.43
Proteína	13.56
Grasa	4.3
Extracto no nitrogenado	29.69
Fibra Bruta	28.25
Residuo mineral	5.77
Fósforo	0.42
Calcio	1.86

Fuente: Pimentel 1960.

1.4.1. PULPA

La pulpa representa aproximadamente el 56% del peso total del fruto. En el Perú se han realizado varios estudios para determinar, lo más completamente posible, la composición química de la pulpa de *P. pallida*, los resultados se resumen en la siguiente tabla i-3, es importante resaltar el reciente estudio del contenido de taninos, en la pulpa y demás fracciones de la algarroba y las posibles formas de eliminación, ya que estos componentes le dan un sabor amargo y astringente, que para algunos es desagradable

TABLA I- 4 LA COMPOSICIÓN GENERAL DE LA PULPA DE *P.PALLIDA*

Componente	<i>Prosopis pallida</i>
Azúcares totales	48,49 ± 2.56
Sacarosa	46.35
Fibra dietética total	32.22 ± 0.82
Proteína	8.11 ± 0.80
Grasa	0.77 ± 0.12
Cenizas	3.60 ± 0.17
Taninos condensados	0.41 ± 0.03
Polifenoles solubles totales	0.82 ± 0.01

Valor medio + desviación típica =3.

Fuente: Grados (1997).

La fracción mayoritaria en el fruto la constituyen los azúcares solubles que representan alrededor del 50% del peso total. Está constituida por sacarosa, 95,4% y el resto por pequeñas cantidades de glucosa, fructuosa, galactosa, xilosa, arabinosa y fucosa.

Las sustancias solubles en etanol al 80% representan un 52,4% dado que un 48,5% corresponde a azúcares solubles y alrededor de 1% a polifenoles. La pulpa tiene un contenido bajo de grasa (0,8%), pocos polifenoles y un contenido bajo de taninos condensados.

1.4.2. ENDOCARPIO

El endocarpio (carozo) es una capsula dura y fibrosa en la cual está encerrada la semilla.

La composición química del endocarpio de *P. pallida* se muestra en la tabla i-4

La fibra dietética insoluble es el componente mayoritario del endocarpio. el análisis más detallado de esta fracción muestra a polisacáridos celulósicos (40%) y lignina (17%) como sus principales constituyentes (Saura et al)

La semilla contiene un cotiledón de *P. pallida* contiene 65% de proteína, lo cual representa el 31% del peso de la misma .la composición de aminoácidos de las proteínas en el cotiledón se muestra en la tabla i-4

Composición de la fracción indigestible (fibra dietética más componentes asociados) en la pulpa (% materia seca):

TABLA I-5 COMPOSICIÓN DE LA FRACCIÓN INDIGESTIBLE

Componente	Prosopis Pallida
Polisacáridos insolubles	20.16±0.52
Lignina	10.44±0.21
Fibra dietética insoluble	30.6
Fibra dietética soluble	1.62
Fibra dietética total	32.22
Com.asoc.a fibra insoluble.	
Taninos condensados	0.33±0.04
Proteína resistente	2.20±0.13
Comp. Asoc. a fibra soluble	
Polifenoles solubles	0.08±0.01
Fibra tot, mas com. Asoc.	34.83

Valor medio +-desviación típica.

Fuente: De Saura - Calixto (1988)

1.5. CULTIVO REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS

1.5.1. LUZ SOLAR

Requiere de por lo menos ocho horas diarias de sol para florar y fructificar, hecho que se produce generalmente entre los meses de octubre y abril.

1.5.2. PRECIPITACIÓN

Desarrolla bien con 250 a 500 mm de precipitación media anual, siendo favorable la faja de 125 a 250 mm. En la costa norte es recomendable sembrarlo entre octubre y noviembre, aprovechando las lluvias de verano. En el departamento de Lambayeque la precipitación media anual es de 222,7 mm.

1.5.3. ALTITUD

Desarrolla desde el nivel del mar hasta los 1,500 metros sobre el nivel del mar, sin embargo, los mejores ejemplares se encuentran entre los 50 y 400 metros sobre el nivel del mar.

1.5.4. BAJAS TEMPERATURAS

Las temperaturas inferiores a 5° C pueden originar la muerte del árbol, por la paralización de la circulación de la savia.

1.5.5. ALTAS TEMPERATURAS

Soporta altas temperaturas. En época de verano tolera hasta 45° C.

1.5.6. TIPO DE SUELO

El algarrobo una especie rústica, que crece en zonas planas u onduladas. Prefiere suelos de tipo franco-arenoso y arcillo-arenoso, con un pH neutro, pudiendo desarrollar incluso en suelos salinos. Es una especie que tolera largos períodos de sequía. (Perú Ecológico /Actualización: enero 2009)

1.6. FLORACIÓN

En las inflorescencias de *P.pallida* en Chiclayo, los capullos florales antes de la antesis tienen el 96% de sus estilos fuera del capullo, y conservan esta condición por algunos días hasta el momento de la antesis, casi simultáneamente en todas las flores de la inflorescencia. Son verdes, cuando se abre la flor toma un color blanquecino por los filamentos de los estambres y los pétalos y sépalos, después se tornan amarillos. No se conoce con precisión el agente polinizador. La floración varía de un año a otro, por ejemplo, en los valles de Zuña y Chancay, la floración se inicia en diciembre, termina en febrero, mientras que en los valles de Motupe y Olmos es de octubre a diciembre.

En plantaciones forestales efectuadas en suelos sueltos y arenosos, creciendo en suelos calcáreos y pedregosos e irrigados con agua salina, la fructificación se inicia al tercer año. La floración más abundante y estable se inicia al séptimo año. (Calderón, Chumacero y Vilela (1988),)

1.7. FRUTO

El fruto es una vaina o caucha chata, recta o curvada, de 12 a 15 cm de longitud, 1 a 2 cm de ancho y 5mm de espesor, color amarillento, carnosos y dulce, la mayor producción de las vainas o frutos, del algarrobo (*Prosopis alba Griseb*) comienza a los cinco años de vida del árbol y produce de 5 a 40 kilogramos por árbol por año. (<https://bisbiseos.wordpress.com/2011/07/04/el-árbol-el-algarrobo/>)

TABLA I-6 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS DE FRUTOS Y SEMILLAS

	<i>Prosopis alba</i>	<i>Prosopis pallida</i>
Longitud del fruto (cm)	20,40 ± 1,59	19,20 ± 1,62 ^a
Ancho del fruto (cm)	1,68 ± 0,06	1,57 ± 0,12 ^a
Espesor del fruto (cm)	0,56 ± 0,04	0,83 ± 0,12 ^a
Peso del fruto (g)	9,11 ± 0,98	11,98 ± 1,79 ^a
Semillas por fruto (unidades)	30,50 ± 2,27	25,48 ± 3,53 ^a
Longitud de semilla (mm)	6,88 ± 0,29	7,50 ± 0,42
Ancho de semilla (mm)	4,94 ± 0,25	5,45 ± 0,40
Espesor de semilla (mm)	2,01 ± 0,10	2,31 ± 0,25
Peso de 100 semillas (g)	4,51 ± 0,01	5,03 ± 0,01

Valor medio +-desviación estándar (n-10)

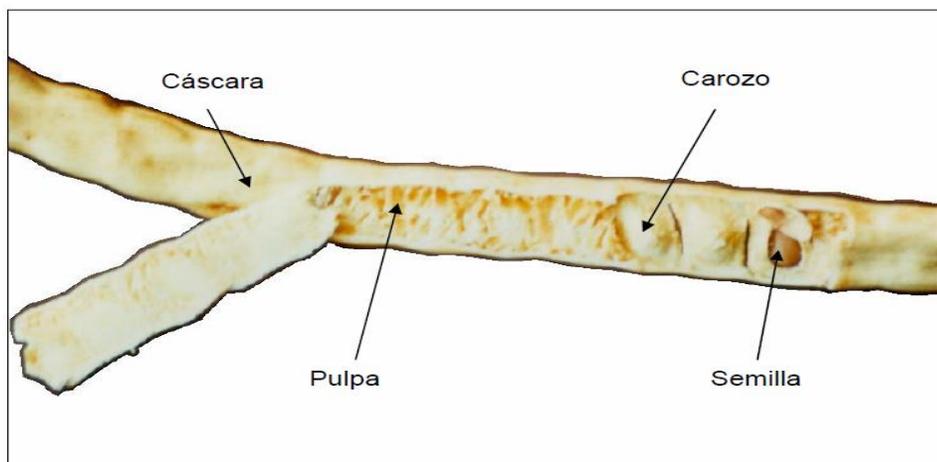
Fuente: (Grados et al., 1993).

1.8. PARTES DE LA ALGARROBA

El fruto del algarrobo está constituido por una legumbre alargada de color verde inicialmente, que posteriormente cuando está madura se torna de color amarillo pardo. Es multiseminada, encorvada e inhiscente; su forma, tamaño, espesor y peso es variado. La vaina consta de cuatro partes: como se muestra en la figura

FIGURA 1.1 ALGARROBA MADURA DE *PROSOPIS ALBA*

(ASPECTO INTERNO)



Fuente: Dante Prokopiuk, .G. Cruz, N. Grados, O. Garro y A. Chiralt

1.8.1. EXOCARPIO (CASCARA)

Mesocarpio (pulpa): el mesocarpio más conocidos como la pulpa de algarroba, contiene un alto nivel de sacarosa (46.35%) y fibra dietética (32.2%), en la pulpa también están presentes minerales entre los que se destaca el potasio que se encuentra en un 2.65% así mismo contiene vitamina C (60mg/kg) y el ácido nicotínico (31 mg/kg)

1.8.2. ENDOCARPIO (CAROZO)

El endocarpio está compuesto mayoritariamente por fibra dietética insoluble (70.8%). puede usarse en la preparación de alimentos dietéticos

1.8.3. SEMILLAS

Las semillas se fraccionan a su vez en:

1.8.3.1. EPISPERMO

Representa la cascara de la semilla.

El componente que se presenta en mayor proporción en la fibra dietética (75.2%). el epispermo presenta en mayor cantidad de taninos condensados (2.7%)

1.8.3.2. ENDOSPERMO

También llamado goma de semilla, tiene un alto contenido de fibra dietética, la fibra dietética es mayoritariamente un galactomanano, gracias a esto, se puede utilizar en diferentes industrias, aprovechando sus propiedades de espesante, gelificante estabilizante, etc.

Cotiledón: en el cotiledón, las proteínas son las que se presentan en mayor proporción (69%). debido a que posee ciertos aminoácidos esenciales como la leucina, fenilalanina, lisina, isoleucina, histidina, arginina, este puede utilizarse para realizar un mejoramiento del perfil aminoácido de las harinas empleadas en la industria, como la de trigo Ruiz, Walter; Cruz, Gastón; Grados, Nora. “Aprovechamiento integral de la algarroba (*Prosopis sp.*) Como medio para impulsar y promover el desarrollo sostenible de los bosques secos de la Región Grau”

FIGURA 1-2 COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA DE LA ALGARROBA.



Fuente: Repositorio institucional PIRHUA

1.9. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

1.9.1. ALTURA

Puede llegar a alcanzar alturas de 8 a 20 metros. Su fuste es irregular, tortuoso y nudoso, con un diámetro entre 80 cm y 2 metros.

1.9.2. COPA

Por lo general tiene forma de sombrilla muy amplia que sobrepasa los 15 m de diámetro, posee ramas de formas caprichosas y abundante follaje siempre verde. En algunos casos tiene ramas colgantes que llegan al suelo.

1.9.3. CORTEZA

La parte externa de color pardo-gris-negruzca, fisurada, leñosa y ocasionalmente con espinas. La parte interna de color blanco y rojo, con olor a barniz y textura fibrosa.

1.9.4. HOJAS

Perennes y compuestas, con el peciolo bastante corto y los folíolos elípticos, de borde entero y nervadura central en el envés. Las orugas verdes son las principales minadoras de sus hojas.

1.9.5. FLORES

Crecen en largas espigas axilares. Son pequeñas, de color amarillo pálido, pubescente, caliz campanulado y corola con 5 pétalos separados. La flor de este árbol es muy susceptible a cambios de temperatura y fuertes vientos.

1.9.6. FRUTOS

Son unas vainas de pulpa dulce y carnosa, que miden de 10 a 30 cm de largo, 1 a 1.5 cm de ancho y de 5 a 9 mm de espesor.

1.9.7 SEMILLAS

De color grisáceo o pardo, forma ovoidea y aplanada, y presentes en un número de 20 a 30 por vaina. Algunos depredadores de las semillas son el pampero peruano y las lagartijas, quienes se las alimentan de ellas.

1.9.8. RAÍCES

Posee 2 tipos de raíces bien diferenciadas, que le permiten obtener los nutrientes que requiere el árbol:

1. Tiene una o dos raíces pivotantes de hasta 60 m de profundidad, que le permiten obtener agua a distintas profundidades.
2. Las raíces laterales se extienden hasta por 60 m por encima de la superficie a una profundidad de 15 a 25 cm.

(PERÚ ECOLÓGICO / Actualización: Enero 2009)

Texto Dr. Joan Tous Martí. Las observaciones citadas provienen de parcelas experimentales localizadas en distintas zonas del litoral español.

1.10. ETANOL

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

El etanol se produce por la fermentación de los azúcares contenidos en la

materia orgánica de las plantas. En este proceso se obtiene el alcohol hidratado, con un contenido aproximado del 5% de agua, que tras ser deshidratado se puede utilizar como combustible.

Almidón Hidrolisis Azúcar Fermentación Etanol

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

Un obstáculo importante es la legislación europea sobre la volatilidad de las gasolinas que fija la proporción de etanol en mezclas E5. Concentraciones más elevadas, autorizadas en Suecia y Estados Unidos, implica que se debe disponer de un vehículo exible (FFV), con un deposito, motor y sistema de combustible único capaz de funcionar con gasolina y etanol, solos o mezclados en cualquier proporción. La otra alternativa para su uso es en forma de aditivo de la gasolina como etil-terbutil eter (ETBE). Las especificaciones para la utilización de etanol se compendian en la norma Europea de Gasolinas EN 228, en Espana se encuentra transpuesta la Directiva 2003/17/CE relativa a la calidad de las gasolinas y gasóleo, en el Real Decreto R.D. 61/2006 de las especificaciones y uso de carburantes.

F. J. Guerra, C. Mall_en, A. Struck, T. Varela 10

Universidad Iberoamericana Laboratorio de Procesos de Separación, Verano 2008

De esta forma, los principales objetivos de la producción de etanol son:

Preparar mezclas con gasolina en lugar de otros aditivos como el ETBE

(etil-terbutil _eter) o el MTBE (metil-terbutil _eter) en proporciones superiores al 5 %.

Usarlo como carburante en mezclas con gasolina hasta un 85 %.

Suministrarlo como materia prima en la producción del ETBE.

Las principales fuentes actuales de producción de etanol a nivel mundial

son en orden alfabético: caña de azúcar, remolacha, sorgo dulce, yuca

Caña de azúcar

1.11. PRODUCCION DE ALCOHOL ETILICO EN BOLIVIA

1.11.1. ALCOHOL BOLIVIANO FOR EXPORT

El Ingenio Azucarero Guabirá S.A., está ubicado a 58 kilómetros de la ciudad de Santa Cruz y a 3 kilómetros de la ciudad de Montero. El Gobierno encomendó su instalación a la Corporación Boliviana de Fomento (CBF) en julio de 1953, con el objetivo de promover el desarrollo económico y social en la región norte del departamento, además de cubrir la demanda de azúcar.

Tres años más tarde, en julio de 1956 se puso en marcha la primera fábrica de azúcar y alcohol con diseño funcional y con una capacidad de molienda de 1000 toneladas de caña por día (TCD), que estimuló el desarrollo de la industria azucarera nacional y el progreso de la región. Después de 37 años de operaciones, el Ingenio se privatiza en el marco de una política aprobada por el H. Congreso Nacional en junio de 1993. Desde esa fecha hasta la actualidad el Ingenio ya privatizado fue ampliando su capacidad gradualmente hasta 7500 TCD.

Rudiger Trepp Del Carpio, Gerente General del Ingenio, resalta que Guabirá ha liderizado la exportación de alcohol, actividad que iniciaron hace más de diez años

atrás vendiendo su producto a la Argentina y Perú con volúmenes que fluctuaban entre los 3 y 4 millones de litros anuales. El contacto con estas empresas hizo que rápidamente el mercado de Guabirá se expanda hacia los Estados Unidos y Japón. “Con el propósito de renovar estos mercados fue que se logró incorporar alcohol Guabirá al mercado europeo y de ese modo encontramos en este continente un valioso nicho de mercado porque gozamos de una preferencia arancelaria que hace que el alcohol boliviano pueda ingresar a Europa de manera mucho más ventajosa que el alcohol brasileño o argentino” señala Trepp. Actualmente gracias a esta preferencia arancelaria otros productores bolivianos también están aprovechando este nicho europeo exportando importantes volúmenes de alcohol.

Europa emplea el alcohol boliviano para la fabricación de bebidas, perfumes y de cosméticos principalmente. Guabirá ha ingresado a este mercado con volúmenes de 3 a 5 millones de litros, superando en la pasada gestión una exportación de 44 millones de litros y para la gestión 2007 pensamos sobrepasar los 55 millones de litros al viejo continente, “en más de 10 años de exportación hemos logrado consolidar un mercado, donde el alcohol boliviano tiene mucho prestigio”. Entre su gama de productos Guabirá ofrece una gran variedad de alcoholes para el consumo directo, como también para la elaboración de productos industriales, químicos y fármacos.

El procedimiento de exportación que comúnmente utiliza Guabirá es a través de un intermediario que ofrece el servicio de Trader, éste recibe el cargamento y se encarga de distribuirlo y venderlo en Italia, Alemania, España y a países de la Ex Unión Soviética que son consumidores importantes de alcohol etílico.

Trepp Del Carpio indica que las perspectivas del Ingenio Guabirá son las de incrementar su volumen de exportación a 100 millones de litros, “si bien ahora Europa es cliente exclusivo de Guabirá nuestros planes son ingresar a nuevos mercados del continente americano y llegar a una producción cada vez más importante de alcoholes y disminuir un poco nuestra producción de azúcar porque tenemos mucha caña y el mercado del azúcar lamentablemente no permite muchas

expansiones, pero al contrario se avizora un gran futuro para el alcohol”. Además de ello, Guabirá aún tiene latente las intenciones de ingresar al negocio del alcohol carburante que es el mismo producto que elaboran pero deshidratado. “El llamado etanol es el que se mezcla con la gasolina y con el que se pretende disminuir la contaminación y trabajar con recursos renovables” remarca el gerente general azucarero.

El ingenio Guabirá cuenta con una destilería anexa a la fábrica de azúcar en la cual trabajan cerca de 25 personas exclusivamente en la producción del alcohol.

Guabirá ha recibido la distinción como “Mayor Exportador Nacional” en 1996, 1999, 2000, 2001, estatuilla conferida por la Cámara de Exportadores por el mérito de mayor exportador nacional en el rubro azucarero y de alcohol, Santa Cecilia crece y exporta

El año 1948 dos visionarios italianos decidieron radicar en Bolivia y 11 años después iniciaron una empresa de producción agrícola en el norte cruceño, fue así que Michele Ferrero y Giuseppe Bertero fundaron la Sociedad Santa Cecilia.

A pesar de que se iniciaron como cañeros, diferentes circunstancias hicieron que opten por dedicarse a la elaboración de alcohol a través de una pequeña destilería. A lo largo de los años esta fábrica fue creciendo poco a poco hasta que a comienzos de la década de los ‘90 se realizó una importante inversión, pasando de una producción diaria de 9.000 litros a una de 40.000 litros de alcohol etílico.

Hoy por hoy Santa Cecilia es una empresa dedicada al ramo agroindustrial, teniendo como sus principales ejecutivos a los señores Jorge Velasco Bruno y Fulvio Ferrero Mantovani, cuyo principal producto es el alcohol etílico que se obtiene en forma directa del jugo de la caña de azúcar, y que gracias a este proceso se obtiene un producto de alta calidad.

A partir del año 2000, Santa Cecilia se dedica a realizar pequeñas ampliaciones y mejoras en su planta industrial, pero concentra sus mayores esfuerzos en mejorar la

productividad de sus cañaverales, habiendo adquirido nuevas variedades de caña de azúcar que han permitido mejorar considerablemente los rendimientos en el campo.

Santa Cecilia sale a países europeos

Hasta hace unos años atrás el mercado del alcohol a nivel internacional tenía precios muy bajos, lo que no incentivaba a buscar nuevos mercados externos. Pero a partir del año 2004 los precios internacionales experimentaron una subida, hecho que provocó que Santa Cecilia comience a exportar su producto principalmente a Perú, donde hoy en día goza de un gran prestigio gracias a su calidad.

En el año 2006 Santa Cecilia da un paso importante al conseguir colocar su producto en el mercado Europeo, el cual puede constituirse en el futuro próximo como un mercado importante para el alcohol. “En realidad el mercado europeo se nos abrió gracias al permanente intercambio de información con valiosos contactos en el rubro, cada oportunidad que teníamos de conversar con gente de afuera aprovechábamos para explicar las bondades de nuestro producto, hasta que el año pasado hicimos nuestra primera exportación a Holanda y que actualmente nos puede abrir las puertas para los mercados de Italia y Francia” manifiesta Fulvio Ferrero.

Si bien ahora la atención de Santa Cecilia se centra en la exportación de alcohol al mercado externo, tampoco descuidan el normal abastecimiento al mercado local. De los 40 mil litros diarios que se producen, aproximadamente el 75% se destina a la exportación y el 25% al mercado nacional.

Santa Cecilia se encuentra ubicada en el Km. 27 de la carretera Montero y Okinawa, a una hora y media de la ciudad de Santa Cruz. En época de zafra Santa Cecilia llega a emplear a 200 personas y en temporada ordinarias entre 80 a 100 personas. Esta empresa se enorgullece de contar con un personal técnico muy competente, que se destaca por su eficiencia, dedicación y lealtad en sus labores. Por este motivo, afirman ambos ejecutivos, la empresa se siente comprometida en ofrecer a su

personal las mejores condiciones posibles para realizar sus actividades, brindando a sus empleados y familias en forma gratuita vivienda, servicios básicos, además de una escuela para coadyuvar en la educación de los niños.

Las exigencias del mercado internacional

Los empresarios europeos se caracterizan por ser muy serios y exigentes en este tipo de transacciones comerciales, es por ello que se efectúa un permanente análisis del producto fiscalizando que se cumpla con los estándares de calidad en su mercado.

En cuestión del transporte del producto, se tiene que prevenir que la logística sea la más adecuada, de transportar el alcohol en camiones especiales, que los tanques se encuentren permanentemente limpios, que los barcos en los que se trasladan hasta Italia tomen en cuenta la fragilidad de este producto.

Publicado en la Revista Empresa & Desarrollo de Cainco.

1.12. LEVADURAS

La levadura *S. cerevisiae* es un hongo unicelular responsable de gran parte de las fermentaciones alcohólicas.

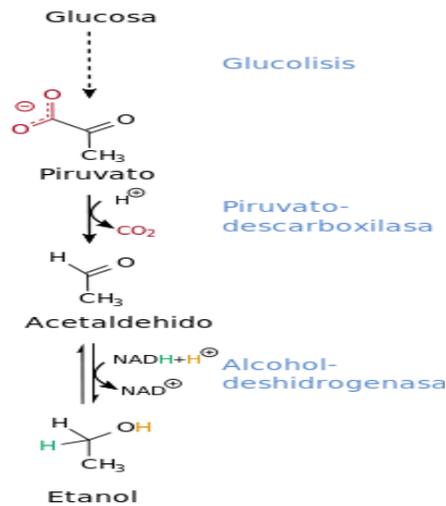
Las levaduras son cuerpos unicelulares (generalmente de forma esférica) de un tamaño que ronda los 2 a 4 μm y que están presentes de forma natural en algunos productos como las frutas, cereales y verduras. Son lo que se denominan: organismos anaeróbicos facultativos, es decir que pueden desarrollar sus funciones biológicas sin oxígeno. Se puede decir que el 96% de la producción de etanol la llevan a cabo hongos microscópicos, diferentes especies de levaduras, entre las que se encuentran principalmente *Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces fragilis*, *Torulaspota* y *Zymomonas mobilis*.

Los microorganismos responsables de la fermentación son de tres tipos: bacterias, mohos y levaduras. A veces estos microorganismos no actúan solos, sino que cooperan entre sí para la obtención del proceso global de fermentación. Las propias levaduras se han empleado a veces en la alimentación humana como un subproducto industrial. Se ha descubierto que en algunos casos es mejor inmovilizar (reducir el

movimiento) de algunas levaduras para que pueda atacar enzimáticamente mejor y con mayor eficiencia sobre el sustrato de hidratos de carbono evitando que los microorganismos se difundan.

Cuando el medio es rico en azúcar (como puede ser el caso de las melazas o siropes), la transformación del mismo en alcohol hace que la presencia de una cierta concentración (generalmente expresada en grados brix) afecte a la supervivencia de levaduras no pudiendo realizar la fermentación en tal medio (las altas concentraciones de azúcar frenan los procesos osmóticos de las membranas de las células). Algunos enzimas participan en la fermentación, como puede ser la diastasa o la invertasa. Aunque la única responsable de convertir los hidratos de carbono en etanol y dióxido de carbono es la zimasa. La zimasa es la responsable final de dirigir la reacción bioquímica que convierte la glucosa en etanol.

FIGURA 1-3 BIOQUÍMICA DE LA REACCIÓN DE FERMENTACION



Fuente: wikipedia

1.12.1. BIOQUÍMICA DE LA REACCIÓN DE FERMENTACIÓN

La glucólisis es la primera etapa de la fermentación, lo mismo que en la respiración celular, y al igual que ésta necesita de enzimas para su completo funcionamiento. A pesar de la complejidad de los procesos bioquímicos una forma esquemática de la reacción química de la fermentación alcohólica puede describirse como una glicólisis (en la denominada *vía Embden-Meyerhof-Parnes*) de tal forma que puede verse como participa inicialmente una molécula de hexosa: Se puede ver que la fermentación alcohólica es desde el punto de vista energético una reacción exotérmica, se libera una cierta cantidad de energía. La fermentación alcohólica produce gran cantidad de CO₂, que es la que provoca que el cava (al igual que el Champagne y algunos vinos) tengan burbujas. Este CO₂ (denominado en la edad media como *gas vinorum*) pesa más que el aire, y puede llegar a crear bolsas que desplazan el oxígeno de los recipientes donde se produce la fermentación. Por ello es necesario ventilar bien los espacios dedicados a tal fin. La liberación del dióxido de carbono es a veces "tumultuosa" y da la sensación de hervir, de ahí proviene el nombre de fermentación, palabra que en castellano tiene por etimología del latín *fervere*.

Un cálculo realizado sobre la reacción química muestra que el etanol resultante es casi un 51% del peso, los rendimientos obtenidos en la industria alcanzan el 7%. Se puede ver igualmente que la presencia de fósforo (en forma de fosfatos), es importante para la evolución del proceso de fermentación. La fermentación alcohólica se produce por regla general antes que la fermentación maloláctica, aunque existen procesos de fermentación específicos en los que ambas fermentaciones tienen lugar al mismo tiempo.

En más detalle durante la fermentación etílica en el interior de las levaduras, la vía de la glucólisis es idéntica a la producida en el eritrocito (con la excepción del piruvato que se convierte finalmente en etanol). En primer lugar el piruvato se descarboxila mediante la acción de la piruvato descarboxilasa para dar como producto final acetaldehído liberando por ello dióxido de carbono (CO₂) a partir de iones del

hidrógeno (H^+) y electrones del NADH.²⁴ Tras esta operación el NADH sintetizado en la reacción bioquímica catalizada por el GADHP se vuelve a oxidar por el alcohol deshidrogenasa, regenerando NAD^+ para la continuación de la glucólisis y sintetizando al mismo tiempo etanol. Se debe considerar que el etanol va aumentando de concentración durante el proceso de fermentación y debido a que es un compuesto tóxico, cuando su concentración alcanza aproximadamente un 12% de volumen las levaduras tienden a morir. Esta es una de las razones fundamentales por las que las bebidas alcohólicas (no destiladas) no alcanzan valores superiores a los 20% de concentración de etanol. (https://es.wikipedia.org/wiki/Fermentaci%C3%B3n_alcoh%C3%B3lica)

1.13. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

La determinación de los factores que limitan la glicólisis fermentativa del etanol son complejos debido a la interrelación existente y a la naturaleza de los parámetros intervinientes durante el proceso de fermentación. Algunos de ellos se deben tener en cuenta en la fermentación alcohólica industrial. En las limitaciones que surgen durante el proceso se pueden enumerar algunos de los más importantes como son:

1.13.1. CONCENTRACIÓN DE ETANOL RESULTANTE

Una de las principales limitaciones del proceso, es la resistencia de las levaduras a las concentraciones de etanol (alcohol) que se llegan a producir durante la fermentación, algunos microorganismos como el *saccharomyces cerevisiae* pueden llegar a soportar hasta el 20% de concentración en volumen. En ingeniería bioquímica estos crecimientos se definen y se modelizan con las ecuaciones de crecimiento celular dadas por las ecuaciones de Tessier, Moser y de la ecuación de Monod.

1.13.2. ACIDEZ DEL SUBSTRATO

El pH es un factor limitante en el proceso de la fermentación ya que las levaduras se encuentran afectadas claramente por el ambiente, bien sea alcalino o ácido. Por regla general el funcionamiento de las levaduras está en un rango que va aproximadamente desde 3.5 a 5.5 pH. Los procesos industriales procuran mantener los niveles óptimos de acidez durante la fermentación usualmente mediante el empleo de disoluciones tampón. Los ácidos de algunas frutas (ácido tartárico, málico) limitan a veces este proceso.

1.13.3. CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES

La concentración excesiva de hidratos de carbono en forma de monosacáridos y disacáridos puede frenar la actividad bacteriana. De la misma forma la baja concentración puede frenar el proceso. Las concentraciones límite dependen del tipo de azúcar así como de la levadura responsable de la fermentación.²⁰ Las concentraciones de azúcares afectan a los procesos de osmosis dentro de la membrana celular.

1.13.4. CONTACTO CON EL AIRE

Una intervención de oxígeno (por mínima que sea) en el proceso lo detiene por completo (es el denominado **Efecto Pasteur**). Esta es la razón por la que los recipientes fermentadores se cierran herméticamente.

1.13.5. LA TEMPERATURA

El proceso de fermentación es exotérmico, y las levaduras tienen un régimen de funcionamiento en unos rangos de temperatura óptimos, se debe entender además que las levaduras son seres mesófilos. Si se expone cualquier levadura a una temperatura cercana o superior a 55 °C por un tiempo de 5 minutos se produce su muerte. La mayoría cumple su misión a temperaturas de 30 °C.

1.13.6. RITMO DE CRECIMIENTO DE LAS CEPAS

Durante la fermentación las cepas crecen en número debido a las condiciones

favorables que se presentan en el medio, esto hace que se incremente la concentración de levaduras. (<https-el-la-fermentación-alcohólica>)

1.14.FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

La fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico que genera etanol, desprende grandes cantidades de dióxido de carbono (CO_2) además de energía para el metabolismo de las bacterias anaeróbicas y levaduras.

La **fermentación alcohólica** es un proceso biológico de fermentación en plena ausencia de aire (oxígeno - O_2), originado por la actividad de algunos microorganismos que procesan los hidratos de carbono (por regla general, azúcares: por ejemplo, la glucosa, la fructosa, la sacarosa, es decir, cualquier sustancia que tenga la forma empírica de la glucosa, es decir, una hexosa) para obtener como productos finales: un alcohol en forma de etanol (cuya fórmula química es: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$), dióxido de carbono (CO_2) en forma de gas y moléculas de adenosín trifosfato (ATP) que consumen los propios microorganismos en su metabolismo celular energético anaeróbico. El etanol resultante se emplea en la elaboración de algunas bebidas alcohólicas, tales como el vino, la cerveza, la sidra, el cava, etc

La fermentación alcohólica tiene como finalidad biológica proporcionar energía anaeróbica a los microorganismos unicelulares (levaduras) en ausencia de oxígeno a partir de la glucosa. En el proceso, las levaduras obtienen energía disociando las moléculas de glucosa y generan como desechos alcohol y CO_2 . Las levaduras y bacterias causantes de este fenómeno son microorganismos muy habituales en las frutas y cereales y contribuyen en gran medida al sabor de los productos fermentados. Una de las principales características de estos microorganismos es que viven en ambientes completamente carentes de oxígeno (O_2), máxime durante la reacción química, y es por ello que la fermentación alcohólica es un proceso anaerobio o anaeróbico. (https://es.wikipedia.org/wiki/Fermentaci%C3%B3n_alcoh%C3%B3lica)

1.15.PROCESOS DE OBTENCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO

1.15.1.PROCESO DE FERMENTACIÓN DISCONTINUO

Mediante la utilización de una cepa de levaduras denominadas *saccharomyces cerevisiae* , se procede a fermentar mostos azucarados, los cuales tienen como materia prima la melaza tipo “C” (o miel agotada después de un tercer cocimiento para obtención de azúcar) mezclada con jugo mixto de caña de azúcar.

La relación de mezcla es la suficiente como para que la suma de los azúcares reductores totales puedan ser transformados en alcoholes con una concentración cercana a 8 – 8,5 % (v/v) de alcohol en vino.

Los azúcares reductores totales contemplan tanto los azúcares simples conocidos como glucosa y fructosa (monosacáridos)

Como así también la sacarosa (disacárido), azúcar este último compuesto por los dos anteriores monosacáridos. (www.alconoa.com.ar)

La levadura tiene la particularidad de ser un microorganismo facultativo, es decir, que puede vivir con o sin aire, teniendo desde ya funciones distintas según sea el proceso:

A) Con aire, proceso aeróbico: los azúcares presentes son utilizados por las levaduras para nutrición y reproducción. Esto implica que en estas condiciones, los azúcares son transformados en biomasa.

B) Sin aire, proceso anaeróbico: los azúcares presentes son sometidos a un proceso de fermentación mediante un proceso de glicólisis, en donde participan una serie de enzimas que han de llevar al monosacárido glucosa y/o fructosa a aldehído pirúvico y una oxidación final lo transforma en alcohol etílico, con un desprendimiento de calor, y de CO₂, los cuales deben ser retirados del medio para que la reacción continúe.

Se debe señalar que los azúcares que esta levadura ha de procesar son sólo los monosacáridos glucosa/fructosa y posee la enzima invertasa para “desdoblar” o hidrolizar a la sacarosa convirtiéndola en sus azúcares simples que la constituyen: glucosa y fructosa.

Para iniciar el proceso de fermentación, se parte de una cantidad de levadura prensada, la cual se hace reproducir en unos tanques denominados “pre fermentadores”, tanques en que se han de agregar además de los azúcares antes mencionados, aire y nutrientes que proveerán los elementos básicos tanto para la nutrición como para la reproducción: fósforo (como ácido fosfórico) y una fuente de nitrógeno (sulfato de amonio, urea). El resto de los elementos que la levadura necesita para esta etapa la encuentra en la solución azucarada formada a partir de la melaza, la cual conlleva una serie de elementos tales como sodio, potasio, magnesio, aminoácidos, etc., que son muy útiles para aquella.

El proceso de reproducción lleva su tiempo, según cuánta levadura inicial se utilice, ya que podemos partir de una levadura, reproducirla en Laboratorio hasta alcanzar un volumen suficiente como para continuar en los pre fermentadores, o bien partir de una cantidad de levaduras como para obviar el tiempo que lleva lo anterior, o por último utilizar la cantidad de levaduras que cada cuba de fermentación necesita para el proceso de fermentación. Una vez que la levadura alcanza un volumen determinado en el pre fermentador, se pasa a la cuba de fermentación, en dónde ahora sí, comenzará el proceso de fermentación, aunque la reproducción no se detendrá debido a que siempre habrá algo de aire disuelto en los mostos, como causa de agitaciones, o por el mismo(www.alconoa.com.ar)

1.15.2 DESTILACIÓN

La destilación, es un proceso que consiste en calentar un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasan a la fase de vapor y, a continuación, enfriar el vapor para recuperar dichos componentes en forma líquida por medio de la condensación. El objetivo principal de la destilación es separar una mezcla de varios componentes aprovechando sus distintas volatilidades, o bien separar los materiales volátiles de los no volátiles. En la evaporación y en el secado, normalmente el objetivo es obtener el componente menos volátil; el componente más volátil, casi siempre agua, se desecha.

La destilación depende de parámetros como: El equilibrio liquido vapor, temperatura, presión, composición, energía. El equilibrio entre el vapor y el líquido de un compuesto está representado por la relación de moles de vapor y líquido a una temperatura determinada, también puede estudiarse este equilibrio a partir de sus presiones de vapor.

La temperatura influye en las presiones de vapor y en consecuencia de la cantidad de energía proporcionada al sistema, también influye en la composición del vapor y el líquido ya que esta depende de las presiones del vapor. La presión tiene directa influencia en los puntos de ebullición de los líquidos orgánicos y por tanto en la destilación. La composición es una consecuencia de la variación de las presiones de vapor, de la temperatura que fijan las composiciones en el equilibrio. Puntos de ebullición, son aquellos puntos o temperaturas de compuestos puros a las que sus presiones de vapor igualan a la presión atmosférica, produciéndose el fenómeno llamado ebullición. (www.alconoa.com.ar)

1.15.3. DESTILACIÓN SIMPLE

Es el método que se usa para la separación de líquidos con punto de ebullición inferior a 150°C a presión atmosférica de impurezas no volátiles o de otros líquidos miscibles que presenten un punto de ebullición al menos 25°C superior al primero de ellos. Es importante que la ebullición de la mezcla sea homogénea y no se produzcan proyecciones. Para evitar estas proyecciones suele introducirse en el interior del aparato de destilación nódulos de materia que no reaccione con los componentes. Normalmente se suelen utilizar pequeñas bolas de vidrio. (www.alconoa.com.ar)

1.15.4. DESTILACIÓN FRACCIONADA

Este proceso, conocido como rectificación o destilación fraccionada, se utiliza mucho en la industria, no sólo para mezclas simples de dos componentes (como alcohol y agua en los productos de fermentación, u oxígeno y nitrógeno en el aire líquido), sino también para mezclas más complejas como las que se encuentran en el alquitrán de hulla y en el petróleo. La columna fraccionadora que se usa con más frecuencia es la

llamada torre de burbujeo, en la que las placas están dispuestas horizontalmente, separadas unos centímetros, y los vapores ascendentes suben por unas cápsulas de burbujeo a cada placa, donde burbujean a través del líquido. Las placas están escalonadas de forma que el líquido fluye de izquierda a derecha en una placa, luego cae a la placa de abajo y allí fluye de derecha a izquierda. La interacción entre el líquido y el vapor puede ser incompleta debido a que puede producirse espuma y arrastre de forma que parte del líquido sea transportado por el vapor a la placa superior. En este caso, pueden ser necesarias cinco placas para hacer el trabajo de cuatro placas teóricas, que realizan cuatro destilaciones. Un equivalente barato de la torre de burbujeo es la llamada columna apilada, en la que el líquido fluye hacia abajo sobre una pila de anillos de barro o trocitos de tuberías de vidrio.

La única desventaja de la destilación fraccionada es que una gran fracción (más o menos la mitad) del destilado condensado debe volver a la parte superior de la torre y eventualmente debe hervirse otra vez, con lo cual hay que suministrar más calor. Por otra parte, el funcionamiento continuo permite grandes ahorros de calor, porque el destilado que sale puede ser utilizado para precalentar el material que entra. (www.todobodega.com)

1.16.EXPORTACIONES DE ALCOHOL ETÍLICO QUE REALIZA BOLIVIA

Las estadísticas oficiales muestran que Bolivia exporta alcohol etílico para diferentes aplicaciones industriales. Son pocas las iniciativas Bolivianas que se incluyen en la tendencia del comercio.

Bolivia: exportaciones de alcohol etílico sin desnaturalizar según país de destino gestión 2014(en kilos brutos y dólares estado Estadounidense)

**TABLA I- 7 EXPORTACIONES DE ALCOHOL ETÍLICO QUE REALIZA
BOLIVIA GESTIÓN 2014**

País	Volumen	Valor	%s/Valor
Francia	34,666.96	20,605.00	32,22
Colombia	21,374.34	13,026.87	20,37
Italia	19,918.66	11,223.94	17,55
Chile	13,763.43	8,955.99	14,00
Perú	6,649.52	3,507.13	5,48
Restos de países	12,497.93	6,634.182	10,37
Total exportado	108,870.93	63,953.113	100,00

Fuente: Comercio Exterior

1.17. PROPIEDADES DEL ETANOL

1.17.1. FORMULA

C₂H₆O, CH₃CH₂OH. PESO MOLECULAR: 46.07 g/mol.

1.17.2. COMPOSICION

C: 52.24 %; H: 13.13 % y O: 34.73 %.

1.17.3. GENERALIDADES

El etanol es un líquido incoloro, volátil, con un olor característico y sabor picante. También se conoce como alcohol etílico. Sus vapores son más pesados que el aire. Se obtiene, principalmente, al tratar etileno con ácido sulfúrico concentrado y posterior hidrólisis. Algunas alternativas de síntesis son: hidratación directa de etileno en presencia de ácido fosfórico a temperaturas y presiones altas y por el método Fischer-Tropsch, el cual consiste en la hidrogenación catalítica de monóxido de carbono, también a temperaturas y presiones altas. De manera natural, se obtiene a través de fermentación, por medio de levaduras a partir de frutas, caña de azúcar, maíz, cebada, sorgo, papas y arroz entre otros, generando las variadas bebidas alcohólicas que existen en el mundo. Después de la fermentación puede llevarse a cabo una destilación para obtener un producto con una mayor cantidad de alcohol. El etanol se utiliza industrialmente para la obtención de acetaldehído, vinagre, butadieno, cloruro de etilo y nitrocelulosa, entre otros. Es muy utilizado como disolvente en síntesis de fármacos, plásticos, lacas, perfumes, cosméticos, etc. También se utiliza en mezclas anticongelantes, como combustible, como antiséptico en cirugía, como materia prima en síntesis y en la preservación de especímenes fisiológicos y patológicos. El llamado alcohol desnaturalizado consiste en etanol al que se le agregan sustancias como metanol, isopropanol o, incluso, piridinas y benceno. Estos compuestos desnaturalizantes son altamente tóxicos por lo que, este tipo de etanol, no debe de ingerirse.

1.17.4 PROPIEDADES QUIMICAS

Se ha informado de reacciones vigorosas de este producto con una gran variedad de reactivos como: difluoruro de disulfurilo, nitrato de plata, pentafluoruro de bromo, perclorato de potasio, perclorato de nitrosilo, cloruro de cromilo, percloruro de clorilo, perclorato de uranilo, trióxido de cromo, nitrato de fluor, difluoruro de dióxígeno, hexafluoruro de uranio, heptafluoruro de yodo, tetraclorosilano, ácido permangánico, ácido nítrico, peróxido de hidrógeno, ácido peroxodisulfúrico, dióxido de potasio, peróxido de sodio, permanganato de potasio, óxido de rutenio (VIII), platino, potasio, t-butóxido de potasio, óxido de plata y sodio. En general, es incompatible con ácidos, cloruros de ácido, agentes oxidantes y reductores y metales alcalinos.

1.17.5. RIESGOS

Riesgos de fuego y explosión: Por ser un producto inflamable, los vapores pueden llegar a un punto de ignición, prenderse y transportar el fuego hacia el material que los originó. Los vapores pueden explotar si se prenden en un área cerrada y pueden generar mezclas explosivas e inflamables con el aire a temperatura ambiente. Los productos de descomposición son monóxido y dióxido de carbono. Riesgos a la salud: El etanol es oxidado rápidamente en el cuerpo a acetaldehído, después a acetato y finalmente a dióxido de carbono y agua, el que no se oxida se excreta por la orina y sudor. Inhalación: Los efectos no son serios siempre que se use de manera razonable. Una inhalación prolongada de concentraciones altas (mayores de 5000 ppm) produce irritación de ojos y tracto respiratorio superior, náuseas, vómito, dolor de cabeza, excitación o depresión, adormecimiento y otros efectos narcóticos, coma o incluso, la muerte. Un resumen de los efectos de este compuesto en humanos se dan a continuación:

mg/l en el aire	Efecto en humanos
10-20	Tos y lagrimeo que desaparecen después de 5 o 10 minutos.
30	Lagrimeo y tos constantes, puede ser tolerado, pero molesto.
40	Tolerable solo en periodos cortos.
Mayor de 40	Intolerable y sofocante aún en periodos cortos.

Contacto con ojos: Se presenta irritación solo en concentraciones mayores a 5000 a 10000 ppm. Contacto con la piel:

El líquido puede afectar la piel, produciendo dermatitis caracterizada por resequedad y agrietamiento.

1.17.6 INGESTIÓN

Dosis grandes provocan envenenamiento alcohólico, mientras que su ingestión constante, alcoholismo. También se sospecha que la ingestión de etanol aumenta la toxicidad de otros productos químicos presentes en las industrias y laboratorios, por inhibición de su excreción o de su metabolismo, por ejemplo: 1,1,1-tricloroetano, xileno, tricloroetileno, dimetilformamida, benceno y plomo. La ingestión constante de grandes cantidades de etanol provoca daños en el cerebro, hígado y riñones, que conducen a la muerte. La ingestión de alcohol desnaturalizado aumenta los efectos tóxicos, debido a la presencia de metanol, piridinas y benceno, utilizados como agentes desnaturalizantes, produciendo ceguera o, incluso, la muerte a corto plazo. Carcinogenicidad: No hay evidencia de que el etanol tenga este efecto por el mismo, sin embargo, algunos estudios han mostrado una gran incidencia de cáncer en laringe después de exposiciones a alcohol sintético, con sulfato de dietilo como agente

(file:///E:/PERFIL/propiedades%20del%20etanol.pdf)

CAPITULO II
PARTE EXPERIMENTAL

CAPITULO II

2.1 PARTE EXPERIMENTAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

La parte experimental del presente proyecto de investigación aplicada fue desarrollada en el laboratorio de operaciones unitarias (LOU), dependiente del departamento de procesos industriales biotecnológicos y ambientales (DPIBA) de la facultad de ciencias y tecnología de la universidad autónoma” Juan Misael Saracho” (UAJMS)

Las algarrobas maduras procedentes del municipio del puente, que en la actualidad tienen como único uso la alimentación a los animales del lugar. Cada árbol genera una cantidad considerable eso dependerá de la edad de los arboles ya que mientras el árbol tiene más edad más frutos tendrá, el fruto de algarrobo tiene grandes potenciales para la industria por las diferentes propiedades que presenta.

El algarroba tiene como principal característica una cantidad considerable de azúcares con gran potencial para realizar producciones de alcohol a partir de un proceso fermentativo controlando adecuadamente la temperatura y pH

2.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DESCRIPTIVO DE INVESTIGACIÓN

Mediante la utilización de una cepa de levaduras denominadas *sacharomices cerevisae*. Se procede a fermentar mostos azucarados, lo cuales tienen como materia prima sacarosa. La relación de la mezcla es la suficiente como para que la suma de los azúcares reductores totales puedan ser transformados en alcoholes.

El proceso de fermentación es anaeróbico, los azúcares presentes son sometidos a un proceso de fermentación mediante glicolisis, en donde participan una serie de enzimas que han que han de llevar al monosacárido glucosa y/o fructuosa a aldehído pirúvico y una oxidación final lo transformara en alcohol etílico, con un desprendimiento de calor, y CO₂, los cuales deben ser retirados del medio para que la reacción continúe.

2.3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE MATERIAS PRIMAS

El fruto es una vaina de color castaño oscuro, de entre 10 a 23 cm de longitud, de la especie *Prosopis Sp*, de color verde cuando no han alcanzado su madurez.

Cuando las vainas han alcanzado el estado de madurez, presenta un sabor dulce muy agradable, presenta semillas de un parecido aproximado a las lentejas.

La materia prima se recolecto del municipio del puente de los árboles de una altura aproximada a los 3.30 metros con un forraje abundante y con varias espinas, es muy importante saber que los frutos se encontraban maduros y secos, como se puede observar en la figura 2-1

FIGURA 2-1 FRUTOS DEL ALGARROBO



Fuente: elaboración propia, 2018

Los análisis que se realizaron en CEANID son fisicoquímicos el cual fue aplicado a la materia prima en este caso la algarroba.

Los parámetros que se realizaron se observaran en la tabla 2-1

Los resultados de los análisis obtenidos en el laboratorio de CEANID se mostraran en anexos

TABLA II-1 ANALISIS FISICOQUIMICOS DE LAS VAINAS DE ALGARROBO

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR EXPERIMENTAL	VALOR DE REFERENCIA	PARAMETROS
Humedad	%	7.71	18.48	%
Azucares totales	%	35.65	46.65	%
Azucares reductores	%	10.32		%
Proteína total	%	5.69	13.56	%
Cenizas (N×6,25)	%	2.76	3.60	%

Fuente: Elaboración propia, en base a datos del CEANID

2.4. DISEÑO FACTORIAL

El diseño factorial, como estructura de investigación, es la combinación de dos o más diseños simples (o unifactoriales); es decir, el diseño factorial requiere la multiplicación simultanea de dos o más variables independientes (llamados factores), en un mismo experimento.

Un diseño factorial con dos factores consiste en experimentar con todos los tratamientos que se obtienen al combinar cada nivel de un factor con los niveles del otro.

(FERRE, J.2003)

2.4.1. PARAMETROS PARA LA OBTENCION DE ALCOHOL ETILICO A PARTIR DE LOS FRUTOS DE ALGARROBO

En el proceso de obtención del alcohol etílico, los factores que predominaron fueron:

- Concentración de azúcar inicial (Grados Brix inicial)
- Tiempo de fermentación

El diseño factorial es de 2 niveles y dos variables para permitir estudiar los efectos de los factores que pueden tener una respuesta en el proceso de obtención

TABLA II-2. PARAMETROS PARA LA OBTENCION DE ALCOHOL ETILICO A PARTIR DE LOS FRUTOS DE ALGARROBO

Parámetros	Nivel alto (máximo)	Nivel bajo (mínimo)
Tiempo de fermentación Días	7	6
Concentración de azúcar °Brix	9	7

Fuente: Elaboración propia, 2018

Con estas variables como punto de partida se realiza el posible diseño factorial:

$$2^k$$

Donde, 2 son los niveles y k las variables.

Numero de variables = 2

Niveles = 2

Numero de experimentos:

$$\text{Numero de experimentos: } 2^2 = 4$$

Se realizaran 2 réplicas del experimento

$$\text{Numero de experimentos: } 2^2 = 4 * 2 = 8 \text{ experimentos}$$

Bajo (-) = es el valor pequeño con el que se trabaja

Bajo (+) = es el valor alto con el que se trabaja

TABLA II-3 NIVELES DE LAS VARIABLES PARA LA FERMENTACION

Nivel	Concentración de azúcar	Tiempo de fermentación
Superior	9	7
Inferior	7	7

Fuente: elaboración propia ,2018

En la tabla III-4 se muestran las combinaciones de las variables en sus 2 niveles a realizar para cada muestra.

TABLA II-4. COMBINACION DE LAS VARIABLES DE FERMENTACION

N° pruebas	Cij	Tij	Repuesta °Brix final
1	-1	-1	C11 T11
2	+1	-1	C21 T11
3	-1	+1	C11 T21
4	+1	+1	C21 T21
5	-1	-1	C12T12
6	+1	-1	C22T12
7	-1	+1	C12T22
8	+1	+1	C22T22

Fuente: Elaboración propia ,2017

Donde:

i = nivel

j= repetición

c= concentración

T=tiempo de fermentación

BF= Brix final (°BF), variable respuesta

2.4.2. PARAMETROS PARA LA OBTENCION DE ALCOHOL ETILICO A PARTIR DEL FRUTO DE ALGARROBO EN LA DESTILACION

En el proceso de destilación para la obtención de alcohol etílico, los factores que predominan son:

- Tiempo de destilación
- Temperatura de destilación

El diseño factorial considera 2 niveles y dos variables para poder determinar poder obtener los resultados de las variables que implicaran en el proceso

TABLA II-5 PARAMETROS PARA LA OBTENCION DE ALCOHOL ETILICO A PARTIR DEL FRUTO DE ALGARROBO

Parámetros	Nivel alto (Máximo)	Nivel bajo (Mínimo)
Tiempo de destilación	2:00	1:30
Temperatura de destilación	78	75

Fuente: elaboración propia ,2018

Con estas variables como punto de partida se realiza el posible diseño factorial:

$$2^k$$

Donde, 2 son los niveles y k las variables.

Numero de variables = 2

Niveles = 2

Numero de experimentos:

$$\text{Numero de experimentos: } 2^2 = 4$$

Se realizaran 2 réplicas del experimento

$$\text{Numero de experimentos: } 2^2 = 4 * 2 = 8 \text{ experimentos}$$

Bajo (-) = es el valor pequeño con el que se trabaja

Bajo (+) = es el valor alto con el que se trabaja

TABLA II-6 NIVELES DE LAS VARIABLES PARA LA FERMENTACION

Nivel	Tiempo de destilación (Tiem)	Temperatura de destilación (T)
Superior	2:00	78
Inferior	1:30	75

Fuente: elaboración propia ,2018

En la tabla II-7 se muestran las combinaciones de las variables de 2 niveles a realizar para cada una de las muestras.

TABLA II-7. COMBINACION DE LAS VARIABLES DE DESTILACION

N° pruebas	Cij	Tij	Repuesta °Brix final
1	-1	-1	Tiem11T11
2	+1	-1	Tiem21T11
3	-1	+1	Tiem11T21
4	+1	+1	Tiem21T21
5	-1	-1	Tiem12T12
6	+1	-1	Tiem22T12
7	-1	+1	Tiem12T22
8	+1	+1	Tiem22T22

Fuente: Elaboración propia ,2018

Donde:

i = nivel

j = repetición

T = temperatura de destilación

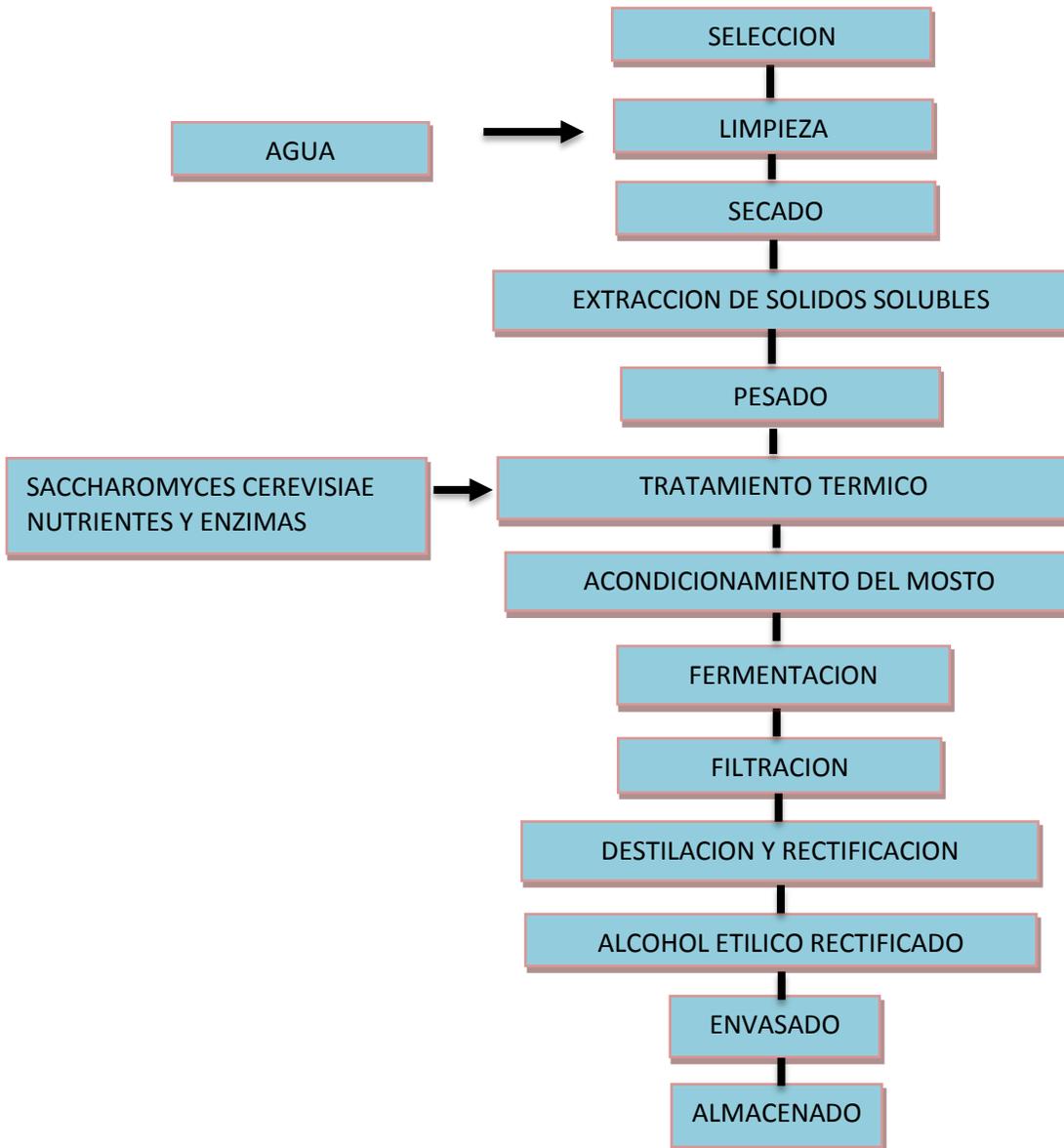
Tiem = tiempo de destilación

°GL = grados Gay Lussac (variable respuesta)

2.5. OBTENCION DE ETANOL ETILICO A PARTIR DEL FRUTO DEL ALGARROBO

En la figura 2-1 muestra cada una de las etapas seguidas en el proceso para la obtención del alcohol etílico a partir de los frutos de algarrobo

FIGURA 2-2 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA OBTENCION DE ALCOHOL ETILICO A PARTIR DE LOS FRUTOS DE ALGARROBA



Fuente: elaboración propia,2018

2.6. PROCESO DE OBTENCION DE ALCOHOL ETILICO A PARTIR DE LOS FRUTOS DEL ALGARROBO

2.6.1. OBTENCION DE LA MATERIA PRIMA

Los frutos de algarrobo maduros se obtuvieron del municipio del puente, los cuales se encontraban en un estado adecuado de madurez además presentaban un secado natural el cual es muy conveniente para las siguientes etapas

El payado de las algarrobas duro aproximadamente cuatro horas ya que las mismas se encontraban prendidas en los árboles, con ayuda de enormes palos se logró desprender

FIGURA 2-3. FRUTOS DE ALGARROBO SECO



Fuente: elaboración propia ,2018

2.6.2. SELECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La selección de la materia prima se realizó en el laboratorio de operaciones unitarias sobre un mesón de mosaico de medidas 245cm de largo y 98cm de ancho, se pudo observar que algunas algarrobas presentaban daños causados por las plagas ya que los algarrobos son espontáneos sus cultivos y esta sometidos a diversos factores adversos. En caso de no contar con el mesón adecuado se recomienda usar una superficie plana y rígida de material inoxidable.

2.6.3. LIMPIEZA DE LA MATERIA PRIMA

La limpieza de la materia prima se realizó con un paño húmedo para quitar las diferentes contaminantes externos y no así con agua directamente ya que el fruto presentaba un secado natural que dificultaría la siguiente etapa todo este proceso.

Se realizó sobre un mesón de mosaico de las medidas de 98cm de ancho y 245 cm de largo, los algarrobos limpios se pusieron en un recipiente

En caso de no contar con el mesón mencionado es muy importante utilizar una superficie fija preferentemente con plástico de vinil

FIGURA 2-4. LIMPIEZA DE LA MATERIA PRIMA



Fuente: Elaboración propia ,2018

2.6.4. SECADO DE LA MATERIA PRIMA

El secado consiste en dejar en reposo sobre algunos pliegues de papel en el mesón completamente seco a temperatura ambiente un par de horas las algarrobas ya que después de la limpieza intensa transmitió cierta humedad.

En caso de contar con los pliegues de papel se recomienda colocar sobre una superficie que sea capaz de absorber la humedad de la parte inferior de las algarrobas como ser papeles de periódico

FIGURA 2-5. SECADO DE LA MATERIA PRIMA



Fuente: Elaboración propia ,2018

2.6.5. EXTRACCION DE SOLIDOS SOLUBLES

La extracción de sólidos solubles consiste en realizar la molienda de las algarrobas en el molino de bolas que se encontraba en laboratorio de operaciones unitarias, con la finalidad de reducir el tamaño de partículas para su posterior tratamiento, como la algarroba presenta varias semillas que representan el 9% de su peso total y las mismas tienen un contenido significativo de aceite las cuales dificultarían el proceso de destilación, estas fueron separadas para poder extraer los azúcares reductores del mismo. En la tabla II-8 se podrá observar las diferentes características que presenta el equipo con el que se realizó la molienda

TABLA II-8. CARACTERISTICAS DEL MOLINO DE BOLAS

Nombre y código de equipo	Característica	Foto
MOLINO DE BOLAS 050313/01	Marca: ORTO ALRSA Modelo: Rango de Temperatura: 2-40 °C Tension:220- 230 V Potencia :250W Frecuencia:50Hz velocidad:227 r.p.m	

Fuente: Elaboración propia, 2018

2.6.6. PESADO

El pesado consiste en controlar la cantidad del endocarpio que representa el 35% junto con el exocarpio y mesocarpio que representa el 56% que constituyen la parte del fruto que son necesarios para proceder a preparar el mosto.

El pesado se realizó en una balanza analítica que las características serán descritas en la figura II-8

**TABLA II-8. CARACTERISTICAS DE LA BALANZA ANALITICA
ELECTRONICA**

Nombre y código de equipo	Característica	Foto
BALANZA ANALITICA ELECTRONICA 194006	Marca: GIBERTINI Modelo: EU500 Rango de temperatura: 10-40°C Tensión: 120V Frecuencia: 50Hz Medidas exteriores Altura: 120mm Ancho: 210mm Profundidad: 350mm Capacidad: 510g	

Fuente: elaboración propia, 2018

2.6.7. TRATAMIENTO TERMICO

El tratamiento térmico consiste en acondicionar las levaduras para su posterior activación con la finalidad de multiplicar los microorganismos que intervienen en el proceso : de cada gramo de levadura se agregó 10 ml de agua y nutrientes H₃PO₄ en la proporción de 0.25 gramos por 50 ml de agua , se ajustó a una temperatura de 33-35 °C con el equipo termostato de inmersión que se describirá en la tabla II-9, también se ajusta el pH de 3.5-5.5 con NaOH , una vez controladas estas variables se deja reposar durante media hora.

TABLA II-9 CARACTERISTICAS DE TERMOSTATO DE INMERSION

Nombre y código de equipo	Característica	Foto
TERMOSTATO DE INMERSION 3000389	Marca: J. P SELECTA, s.a Modelo: Rango de temperatura: 5-100°C Presión: 150 mbar Tensión: 230 V Potencia total: 1000W Medidas exteriores Altura: 28 Ancho: 11 Profundidad: 16 Capacidad: 2.5 Lts	

Fuente: Elaboración propia ,2018

2.6.8. ACONDICIONAMIENTO DE MOSTO

El acondicionamiento consiste en agregar una cantidad de 85.35 gramos de harina de algarrobo que después de la molienda fue almacenada en bolsas de propileno de densidad baja como se muestra en la figura 2-6.

Por cada 500 ml de agua para poder tener una cantidad adecuada de grados Brix iniciales que en este caso alcanzamos los 8.3 °Brix al Preparar el mosto para su posterior fermentación

FIGURA 2-6 HARINA DE ALGARROBO

Fuente: Elaboración propia ,2018

2.6.9. FERMENTACION

El proceso de fermentación consiste en verter el mosto de algarroba al recipiente de fermentación, posteriormente agregamos la levadura previamente activada para luego ser inoculada.

Es necesario homogenizar por ello es necesario agitar la muestra, como es un proceso completamente anaeróbico se procede a cerrar el recipiente de fermentación bien para evitar el ingreso de aire al mismo, se dejara fermentar durante 6-7 días como indica el diseño factorial, se tomara las lectura cada tres horas para obtener aproximadamente lecturas que alcancen los 2 ° Brix .

El equipo que se utiliza para determinar los °Brix es el refractómetro digital es muy importante para saber si los azúcares de los frutos de algarrobo se están transformando el alcohol etílico ya que mide la concentración de azúcar que tiene la solución, que a medida que pasan los días la concentración de los azúcares decrece tomando pequeñas muestras. Las características del equipo se muestran en la tabla II-10

TABLA II-10 CARACTERISTICAS DE REFRACTOMETRO DIGITAL

Nombre y código de equipo	Característica	Foto
REFRACTOMETRO DIGITAL 300155	Marca: COMECTA ,S.A Modelo: WYA-1S Rango e temperatura: 0-50 °C Tención: 220 V Índice refractivo: 1300-1700 Brix: 0-95% Frecuencia: 50 Hz Medidas exteriores Altura: 38 Ancho: 18 Profundidad: 33 Capacidad:	

Fuente: Elaboración propia ,2018

Durante este proceso los equipos utilizados fueron:

Fermentadores

Los fermentadores que se utilizaron fueron diseñados en dos bidones de material propileno (PP) de densidad alta , el cual tiene las siguientes medidas 23 de alto y 16 de ancho con un volumen de 5 litros cada uno los mismos cuentan con una tapa pequeña de 4 cm diámetro con cierre hermético, en la cual se adaptó una pequeña válvula que permita la salida del dióxido de carbono que produce la reacción , también se adaptó un orificio para tomar muestras u medir la concentración de azúcar y pH.

FIGURA 2-4.FERMENTADORES

Fuente: Elaboración Propia ,2018

Determinación de grados Brix

Para la determinación de grados Brix se siguieron los pasos que se muestran a continuación:

- Limpiar el prisma superior e inferior con agua destilada con ayuda con ayuda de un pequeño paño
- Con ayuda de un gotero agregar la muestra en el prisma inferior, cubrir en su totalidad el prisma
- Observar el espectro de luz de tal manera que se puede observar la línea de división entre la parte opaca y clara

- Programar en el equipo la lectura en °Brix y para finalizar pulsar en equipo la opción read

El equipo que se utilizó fue un refractómetro digital descrito anteriormente.

Determinación de la densidad de la chicha de algarroba

La densidad se determinó a través de un método volumétrico cuyos pasos se muestran a continuación:

- Se toma en un picnómetro de determinado volumen de jugo de algarrobo
- El volumen tomado después se debe pesar
- Para obtener la densidad aplicamos la fórmula de.

$$\rho = m/v$$

Es muy importante determinar la densidad del jugo de algarrobo para posteriormente realizar los cálculos correspondientes en los balances de materia del proceso

2.6.10. FILTRACION

La filtración es muy simple ya que se pudo observar que los sólidos procedentes de la fermentación se sedimentaban en su totalidad en la parte inferior del recipiente de fermentación, por lo tanto, directamente se trasladó el fermento a otro recipiente con ayuda de un embudo y colador como se muestra en la figura 2-5

FIGURA 2-5. FILTRACION

Fuente: Elaboración propia ,2018

2.6.11. DESTILACION SIMPLE

Se optó por utilizar el equipo de destilación por la cantidad obtenida de cultivo fermentativo de algarrobo.

Para poder separar el alcohol etílico del cultivo fermentativo La destilación duro aproximadamente de 2:30 -3:30 a una temperatura de 73 a 78 °C, transcurrido el tiempo se mide la cantidad de destilado y la concentración de alcohol en °GL.

El equipo de destilación simple que se utilizó en la etapa que se obtuvo el alcohol etílico fue provisto por el laboratorio de operaciones unitarias (LOU) de la universidad Autónoma Juan Misael Saracho (U.A. J.M. S), las características del equipo son descritas en la tabla II-11.

El equipo contaba con:

- 2 balones de 500 ml

- Un refrigerante
- Mangueras para la circulación de agua y acceso a la bomba
- Rota vapor

Tal como se muestra en la tabla II-11

TABLA II-11 CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE DESTILACION

Nombre y código de equipo	Característica	Foto
ROTA VAPOR	Marca: Heidolph Modelo: Potencia: 80W Velocidad: 30-270 rpm Tención: 230-240 V Frecuencia:50/60 Hz	

Fuente: Elaboración propia, 2018

2.6.12. ENVASADO

Una vez obtenido el producto es necesario envasarlo y almacenarlo en un adecuado lugar para evitar pérdidas del mismo por los factores externos

2.6.13. ETIQUETADO

Para finalizar es muy importante el etiquetado del cual describirá las diferentes características que presenta

2.7. ANALISIS FISICOQUIMICOS REALIZADOS

Los análisis fisicoquímicos se realizaron en ambientes del Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) y fueron los siguientes:

Alcohol etílico probable

El alcohol se determina por medio de un alcoholímetro, se puede realizar con mediciones de hasta 90 ml. El procedimiento se muestra a continuación:

- Primero se acondiciona la muestra a 25°C
- Llenar una probeta hasta un mínimo de 90 ml
- Introducir el alcoholímetro completamente de manera circular y cuidadosamente
- Dejar que se estabilice y leer el dato

Alcohol etílico de los frutos de algarrobo

Los parámetros que se analizan en CEANID son los siguientes:

Los resultados de los análisis se muestran en anexos

TABLA II-13 ANALISIS FISICOQUIMICOS DEL ALCOHOL ETILICO

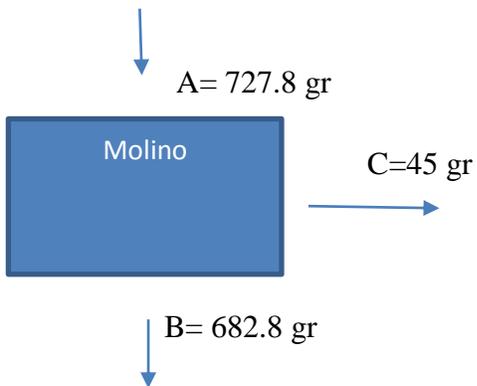
Parámetro	Unidad	Valor experimental	Valor de referencia	Parámetros
Azúcar reductores				
Grado alcohólico				
Acidez total				
pH				
anhídrido sulfuroso libre				

Fuente: Elaboración propia, en base a datos del CEANID

BALANCE DE MATERIA

Es muy importante el balance de materia en las distintas etapas del proceso, por lo tanto se presenta el mismo.

2.8.1. BALANCE DE MATERIA EN EL MOLINO DE MATERIA PRIMA



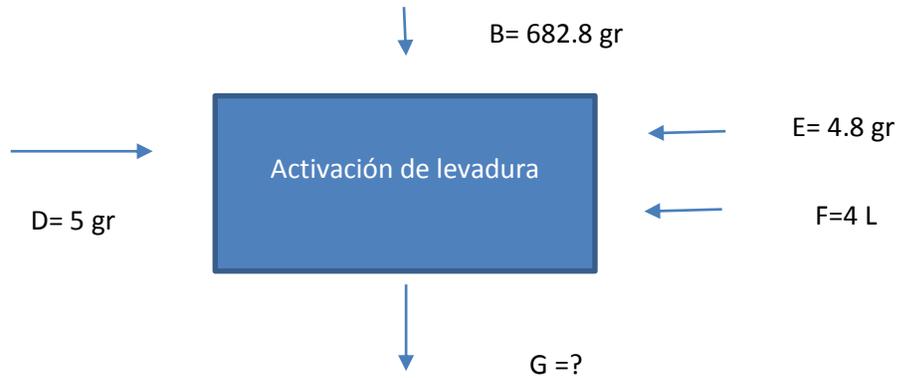
A= Vainas de algarrobo

B= Harina de algarrobo

C= Semillas de algarrobo

$A=B+C$ (EC.2.7.1.1)

2.8.2 BALANCE DE MATERIA EN ACTIVACION DE LA LEVADURA



B= 682.8 gr de harina de algarrobo

E= 4.8 gr de levaduras *Saccharomyces cerevisiae*

F= 4 L de agua

D= 5 gr de ácido orto fosfórico 0.1 N

G=?

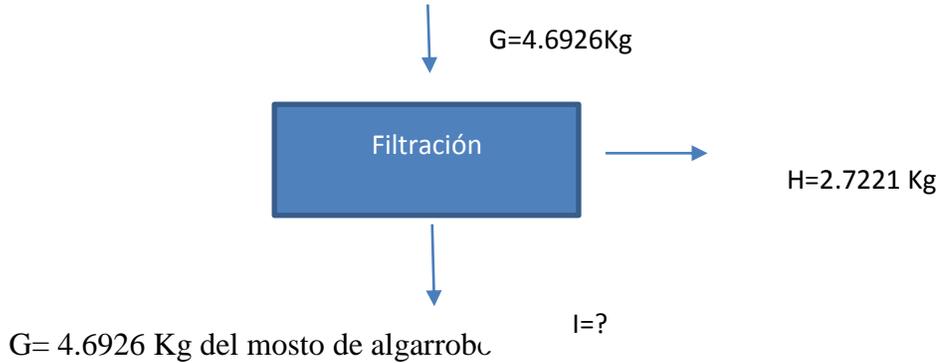
Balance Global

$G=D+B+E+F$ (e.c. 2.7.2.1.)

$G=5 \text{ gr}+682.8 \text{ gr}+4.8\text{gr}+4000\text{gr}$

$G=4692.6 \text{ gr} =4.6926 \text{ kg}$

2.8.3 BALANCE DE MATERIA EN LA FILTRACION



Balance global

$$I = G - H \quad (\text{e.c. } 2.7.3.1)$$

$$I = 4.692 \text{ Kg} - 2.7221 \text{ Kg}$$

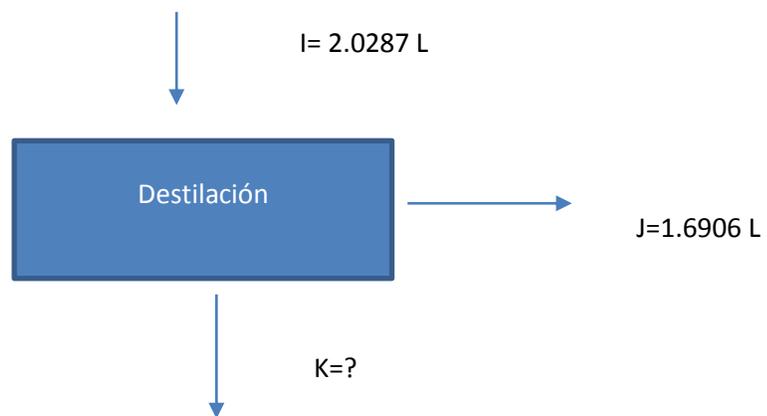
$$I = 1.9699 \text{ Kg}$$

Densidad del Jugo de algarroba = 0.971 Kg/L determinado por la ecuación de la densidad

$$I = 1.9699 \text{ Kg} / 0.971 \text{ Kg/L}$$

$$I = 2.02873 \text{ L}$$

2.8.4. BALANCE DE MATERIA EN LA DESTILACION



$I=2.0287$ L de mosto

$J=1.6906$ L de residuo

$K=?$

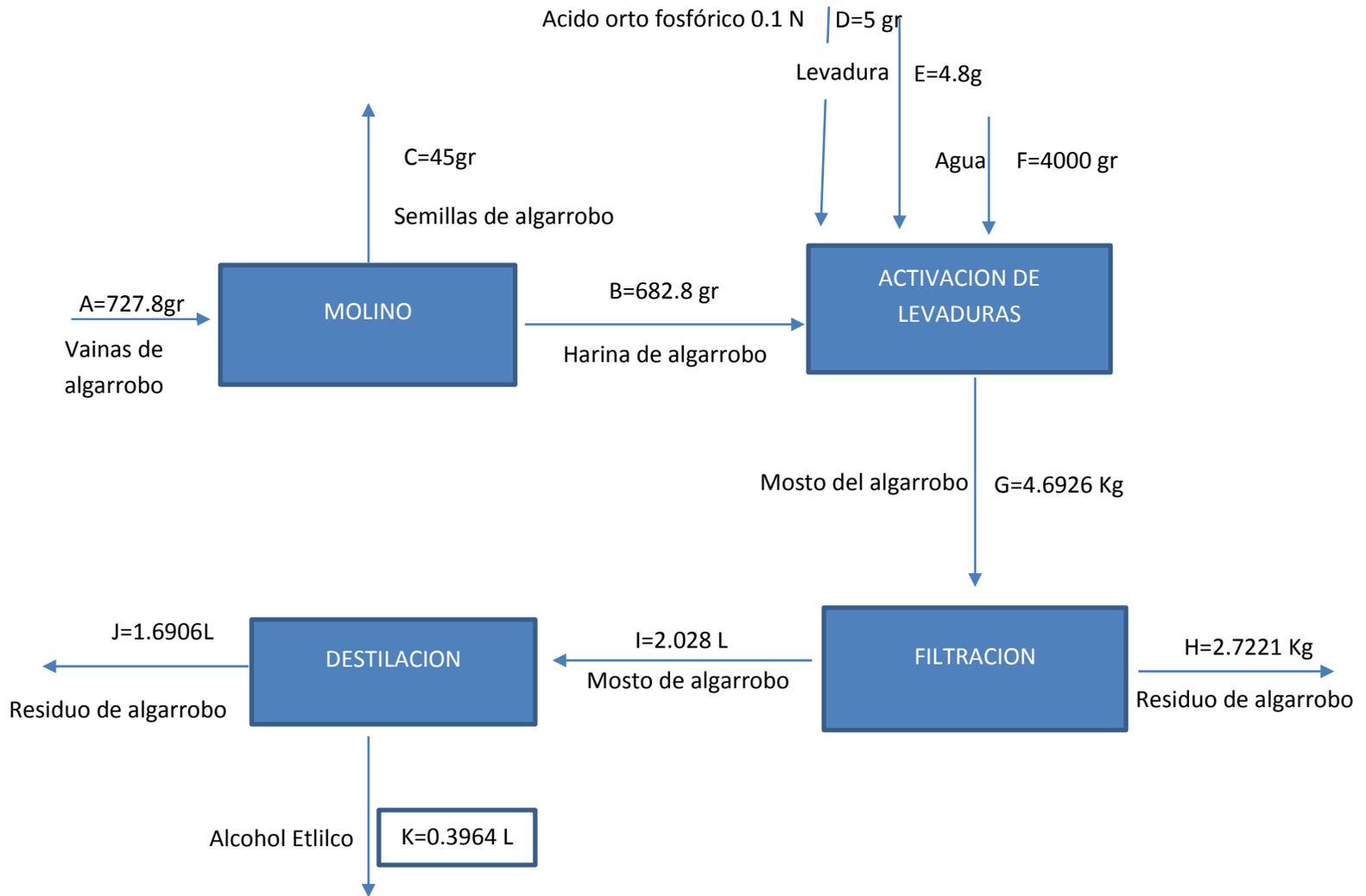
Balance global

$$K=I-J \quad (\text{e.c.2.7.5.1})$$

$$K= 2.087-1.6906$$

$$K= 0.3964 \text{ L de destilado}$$

2.8.5 BALANCE GENERAL DEL PROCESO DE OBTENCION DE ALCOHOL ETILICO



Fuente: Elaboración propia, 2018

2.9. BALANCE DE ENERGIA

2.9.1. CALOR GENERADO PARA CALENTAR LA MUESTRA

$$Q = \text{masa de jugo de algarrobo} \int_{t_0}^{t_d} c_p \text{ jugo de algarrobo} dt \text{ (ec.2.9.1.1)}$$

Donde:

Termino	Definición	Datos
Q	Calor requerido para calentar la muestra	
n mezcla	Masa del jugo de algarrobo (mezcla de etanol-agua)	4.6926 kg
Cp agua	Calor específico del agua	1cal/g °C
X agua	Composición de agua presente en la mezcla	
Cp etanol	Calor específico del etanol	2.44 J/g °K
Xetanol	Composición específica de etanol en el agua	
To	Temperatura inicial	20
Td	Temperatura final	78

Datos iniciales de composición de agua y alcohol etílico en la muestra

$$= 396.9 \text{ ml jugo de algarrobo} * \frac{1L}{1000ml} * 0.971 \frac{Kg}{L}$$

$$= 0.3854 \text{ Kg jugo de algarrobo}$$

$$3 \frac{g}{100ml} * 396.9ml = 11.907 \text{ gr}$$

$$X \text{ etanol} = \frac{0.0119 \text{ Kg} * 100\%}{0.3854 \text{ Kg}}$$

X etanol=3.0877% alcohol etílico

X agua=96.9123% agua

Donde:

$$3 \frac{g}{1000ml} = 3^{\circ}GL \text{ inicial}$$

$$Cp \text{ agua liquida} = \frac{1cal}{g^{\circ}C} * \frac{4.1868 * 10^{-3} KJ}{1 J} * \frac{1000 g}{1 Kg} = 4.48 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C + 273}$$

$$= 0.0164 \frac{KJ}{Kg^{\circ}K}$$

$$Cp \text{ alcohol etilico} = 2.44 \frac{J}{g^{\circ}K} * \frac{0.001 KJ}{1 J} * \frac{1000 g}{1 Kg} = 2.44 \frac{KJ}{Kg^{\circ}K}$$

Empleando la (e.c. 2.9.1.1), se obtiene:

$$Q_1 = (m \text{ jugo de algarrobo } (X_{\text{agua}} - Cp \text{ agua}) + (X_{\text{alcohol}} - Cp \text{ alcohol})) * \Delta t$$

$$Q_1 = \left(1.9699 Kg \left(0.9691 * 0.0164 \frac{KJ}{Kg^{\circ}K} \right) + \left(0.0308 * 2.44 \frac{KJ}{Kg^{\circ}K} \right) \right) * (78 + 123.15) - (20 + 273015)^{\circ}K$$

$$Q_1 = 16.499 KJ$$

2.9.2 CALOR LATENTE DE VAPORIZACION

$$Q_{latente\ mezcla} = \sum_{i=1} X_i * \Delta h_{vi} \quad (\text{e.c.2.9.2.1})$$

$$Q_{latente\ mezcla} = 0.6828 \text{ Kg} * ((0.9691 * 2257) + (0.0308 * 841)) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$Q_{latente\ mezcla} = 1511.1448 \text{ KJ}$$

2.9.3. CALOR ABSORBIDO POR EL CONDENSADOR

$$Q_{cond} = m_{agua} * \Delta t = m_{agua} * C_{p_{agua}} * (T_{salida} - T_{entrada}) (\text{e.c.2.9.3.1})$$

Termino	Definición	Datos
Q_{cond}	Calor que absorbe el condensador	
m_{agua}	Masa de agua que pasa por el condensador	1183600 gr
$C_{p_{agua}}$	Capacidad calorífica del agua líquida	1 cal/g °C
$T_{entrada}$	Temperatura de entrada de agua al condensador	18°C
T_{salida}	Temperatura de salida de agua del condensador	22°C

Se obtiene Cp del agua de las tablas del libro Smith-Van Ness, cuarta edición.

La temperatura de entrada y salida del condensador son datos tomados de la parte experimental, la masa del agua se calcula con datos tomados de la parte experimental, se toma como dato el tiempo y el volumen que dura el proceso de destilación

Por lo tanto, de la (e.c.2.9.3.1) se obtiene:

$$Q_{cond} = 183600 \text{ g} * 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} * (22 - 18)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{cond} = 734400 \text{ cal} * 4.184 \frac{\text{J}}{\text{cal}} * \frac{1 \text{ KJ}}{1000\text{J}}$$

$$Q_{cond} = 3072.729 \text{ KJ}$$

2.9.4 CALOR TOTAL

$$Q_{total} = Q_{sensible} + Q_{calor \text{ latente de vaporizacion}} - Q_{absorbido}$$

$$Q_1 = Q_{calor \text{ latente de vaporizacion}} - Q_{condicional} \quad (\text{e.c.2.9.3.1})$$

$$Q_{total} = 16.499 \text{ KJ} + 1511.1448 \text{ KJ} + 3072.729 \text{ KJ}$$

$$Q_{total} = 4600.3728 \text{ KJ}$$

CAPITULO III
RESULTADOS Y DISCUSION

CAPITULO III

RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

3.1 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PARTE EXPERIMENTAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

3.1.1. RESULTADOS GENERALES DE LA MOLIENDA Y LA INOCULACION DE LEVADURA

El resultado que se obtiene en el proceso de la molienda es de 682.8 gr de harina de algarrobo para todas las muestras. Ya que se procede a moler las vainas enteras previamente trituradas en el molino de bolas, por lo tanto, las semillas son despreciadas lo que representa, 45 gramos de las mismas.

En la activación de la levadura se tiene como dato 4.8 gr para todas las muestras que se adiciona al jugo de algarroba que en este caso es de 4 litros de agua , dato que se obtiene para todas las muestras, que a medida que continua el proceso la misma se modifica, en los siguientes procesos que son la filtración y la destilación

3.1.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PROCESO DE FERMENTACION

En el proceso de la fermentación es muy importante, la medición de la concentración de los azúcares fermentables ya que a través de este control podremos saber si la fermentación sigue su curso o a finalizado.

La concentración de los azúcares disminuye a medida que transcurre la fermentación, tal y como se podrá apreciar en las siguientes tablas:

Cuando la fermentación termina, los azúcares fermentables se convirtieron en su totalidad en alcohol etílico.

Los datos que se presentan en la siguiente tabla nos muestran la variación de los azúcares con respecto al tiempo, el control se realizó tres veces al día.

3.1.2.1. Variación de azúcares fermentecibles Muestra 1

**TABLA III-1 MEDICION DE LA DEGRADACION DE DE 9°BRIX EN 7 DIAS
Y 3.00 GR DE LEVADURA PARA LA FERMENTACION**

DIA	HORA	°Brix
1	8:00	9,0
	12:00	8,6
	16:00	8,4
2	8:00	8,3
	12:00	8,2
	16:00	8,1
3	8:00	6,8
	12:00	6,5
	16:00	6,3
4	8:00	5,0
	12:00	4,9
	16:00	4,4
5	8:00	3,8
	12:00	3,7
	16:00	3,6
6	8:00	3,4
	12:00	3,3
	16:00	3,2
7	8:00	2,8
	12:00	2,6
	16:00	2,6

Fuente: Elaboración Propia, 2018

3.1.2.2. Variación de azúcares fermentecibles Muestra 1 replica 2

TABLA III-2 MEDICION POR DIA DE LA DEGRADACION DE 9°BRIX EN 7 DIAS Y 3.00 GR DE LEVADURA PARA LA FERMENTACION

DIA	HORA	°Brix
1	8:00	9,0
	12:00	8,8
	16:00	8,6
2	8:00	8,4
	12:00	8,3
	16:00	8,0
3	8:00	7,5
	12:00	7,3
	16:00	7,1
4	8:00	6,3
	12:00	6,1
	16:00	5,7
5	8:00	4,3
	12:00	4,1
	16:00	3,9
6	8:00	3,5
	12:00	3,2
	16:00	2,8
7	8:00	2,6
	12:00	2,4
	16:00	2,4

Fuente: Elaboración Propia, 2018

2.1.2.3. Variación de azúcares fermentecibles Muestra 2

TABLA III-3. MEDICION POR DIA DE LA DEGRADACION DE 7°BRIX EN 7 DIAS Y 4.8 GR DE LEVADURA PARA LA FERMENTACION

DIA	HORA	°Brix
1	8:00	7,0
	12:00	6,9
	16:00	6,8
2	8:00	6,2
	12:00	6,0
	16:00	5,8
3	8:00	3,6
	12:00	3,3
	16:00	3,0
4	8:00	2,7
	12:00	2,7
	16:00	2,6
5	8:00	2,5
	12:00	2,5
	16:00	2,4
6	8:00	2,3
	12:00	2,3
	16:00	2,2
7	8:00	2,1
	12:00	2,1
	16:00	2,1

Fuente: Elaboración Propia, 2018

2.1.2.4. Variación de azúcares fermentecibles muestra 2 replica 2

TABLA III-4. MEDICION POR DIA DE LA DEGRADACION DE 7°BRIX EN 7 DIAS Y 4.8 GR DE LEVADIRA PARA LA FERMENTACION

DIA	HORA	°Brix
1	8:00	7,0
	12:00	6,7
	16:00	6,5
2	8:00	6,0
	12:00	5,7
	16:00	5,4
3	8:00	4,6
	12:00	4,4
	16:00	4,0
4	8:00	3,5
	12:00	3,3
	16:00	3,1
5	8:00	2,5
	12:00	2,2
	16:00	2,2
6	8:00	2,1
	12:00	2,1
	16:00	2,1
7	8:00	2,0
	12:00	2,0
	16:00	2,0

Fuente: Elaboración Propia, 2018

2.1.2.5. Variación de azúcares fermentecibles Muestra 3

TABLA III-5. MEDICION POR DIA DE LA DEGRADACION DE 9°BRIX EN 7 DIAS Y 4.00 GR DE LEVADURA EN LA FERMENTACION

DIA	HORA	°Brix
1	8:00	9,0
	12:00	8,6
	16:00	8,4
2	8:00	8,3
	12:00	8,2
	16:00	8,1
3	8:00	6,8
	12:00	6,5
	16:00	6,3
4	8:00	5,0
	12:00	4,9
	16:00	4,4
5	8:00	3,8
	12:00	3,7
	16:00	3,6
6	8:00	3,4
	12:00	3,3
	16:00	3,2
7	8:00	3,0
	12:00	2,6
	16:00	2,6

Fuente: Elaboración Propia, 2018

2.1.2.6. Variación de azúcares fermentecibles Muestra 3 replica 2

**TABLA III-6. MEDICION POR DIA DE LA DEGRADACION DE 9°BRIX EN
7 DIASY 4.00 GR DE LEVADURA EN LA FERMENTACION**

DIA	HORA	°Brix
1	8:00	9,0
	12:00	8,8
	16:00	8,6
2	8:00	8,4
	12:00	8,3
	16:00	8,8
3	8:00	7,5
	12:00	7,3
	16:00	7,1
4	8:00	6,3
	12:00	6,1
	16:00	5,7
5	8:00	4,3
	12:00	4,1
	16:00	3,1
6	8:00	3,5
	12:00	3,2
	16:00	3,0
7	8:00	2,6
	12:00	2,4
	16:00	2,4

Fuente: Elaboración Propia, 2018

2.1.2.7. Variación de azúcares fermentecibles Muestra 4

TABLA III-6. MEDICION POR DIA DE LA DEGRADACION DE 7°BRIX EN 7 DIAS Y 5.5 GR DE LEVADURA PARA LA FERMENTACION

DIA	HORA	°Brix
1	8:00	7,0
	12:00	6,9
	16:00	6,8
2	8:00	6,2
	12:00	6,0
	16:00	5,8
3	8:00	3,6
	12:00	3,3
	16:00	3,0
4	8:00	2,7
	12:00	2,7
	16:00	2,6
5	8:00	2,4
	12:00	2,3
	16:00	2,3
6	8:00	2,2
	12:00	2,2
	16:00	2,2
7	8:00	2,2
	12:00	2,2
	16:00	2,2

Fuente: Elaboración Propia, 2018

2.1.2.8. Variación de azúcares fermentecibles Muestra 4 replica 2

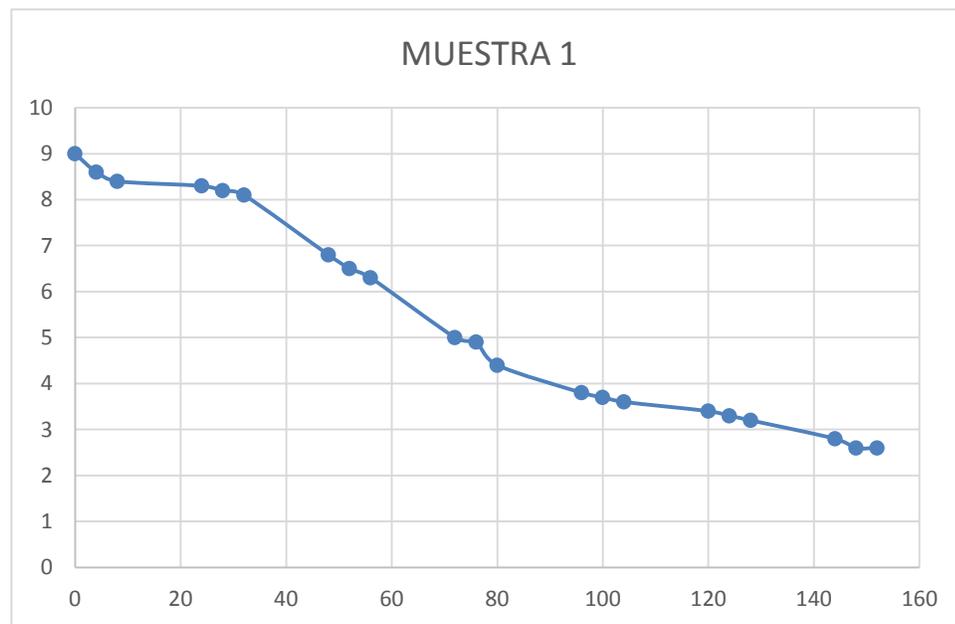
TABLA III-8. MEDICION POR DIA DE LA DEGRADACION DE 7°BRIX EN 7 DIAS Y 5.50 GR DE LEVADURA PARA LA FERMENTACION

DIA	HORA	°Brix
1	8:00	7,0
	12:00	6,8
	16:00	6,5
2	8:00	6,0
	12:00	5,7
	16:00	5,4
3	8:00	4,6
	12:00	4,4
	16:00	4,2
4	8:00	3,5
	12:00	3,3
	16:00	3,1
5	8:00	2,5
	12:00	2,4
	16:00	2,3
6	8:00	2,2
	12:00	2,1
	16:00	2,1
7	8:00	2,1
	12:00	2,1
	16:00	2,1

Fuente: Elaboración Propia, 2018

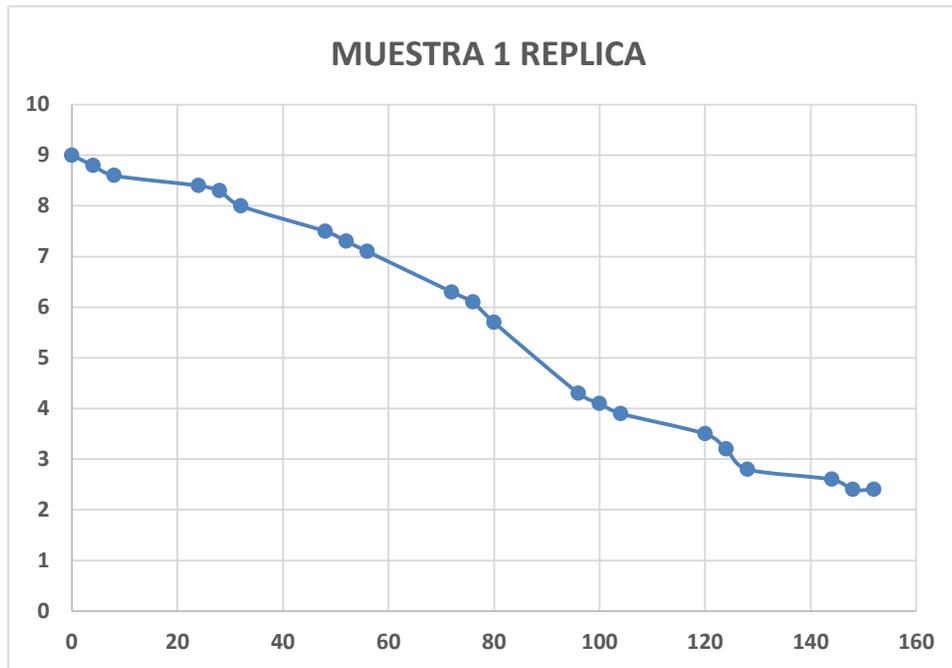
Por tanto, se concluye que la cantidad adecuada de levadura es de 4.8 gramos, ya que con esa cantidad la conversión de los azúcares en alcohol fue la más eficiente la cual se puede observar en la TABLA III-4 muestra 2

FIGURA 3-1 DEGRADACION DE AZUCARES CON RESPECTO AL TIEMPO MUESTRA 1



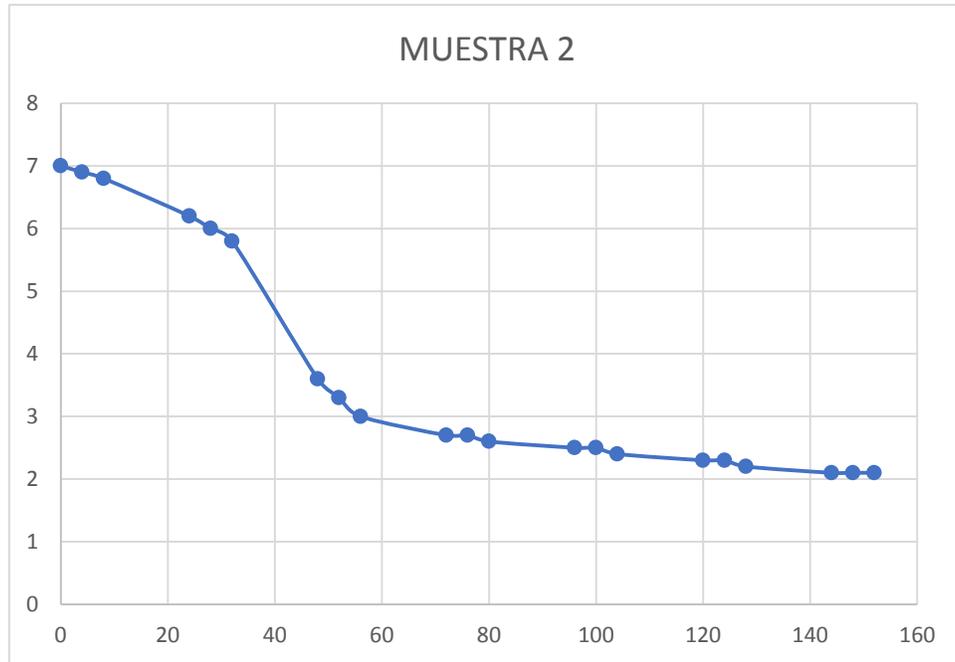
Fuente: elaboración propia ,2018

**FIGURA 3-2 DEGRADACION DE AZUCARES CON RESPECTO AL
TIEMPO MUESTRA 1 REPLICA**



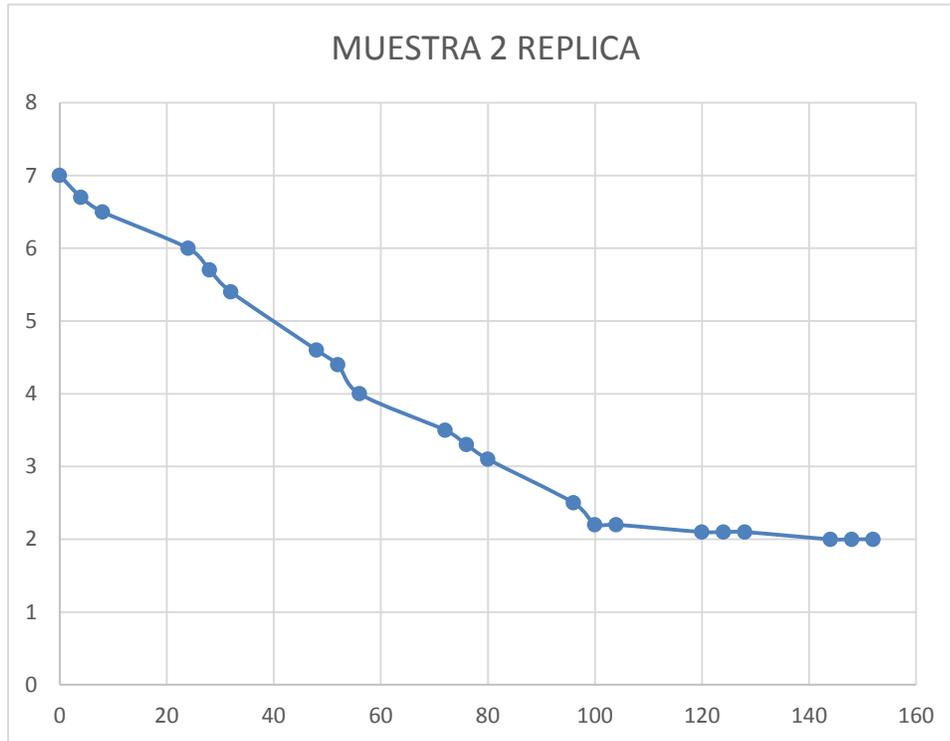
Fuente: elaboración propia ,2018

**FIGURA 3-3 DEGRADACION DE AZUCARES CON RESPECTO AL
TIEMPO MUESTRA 2**



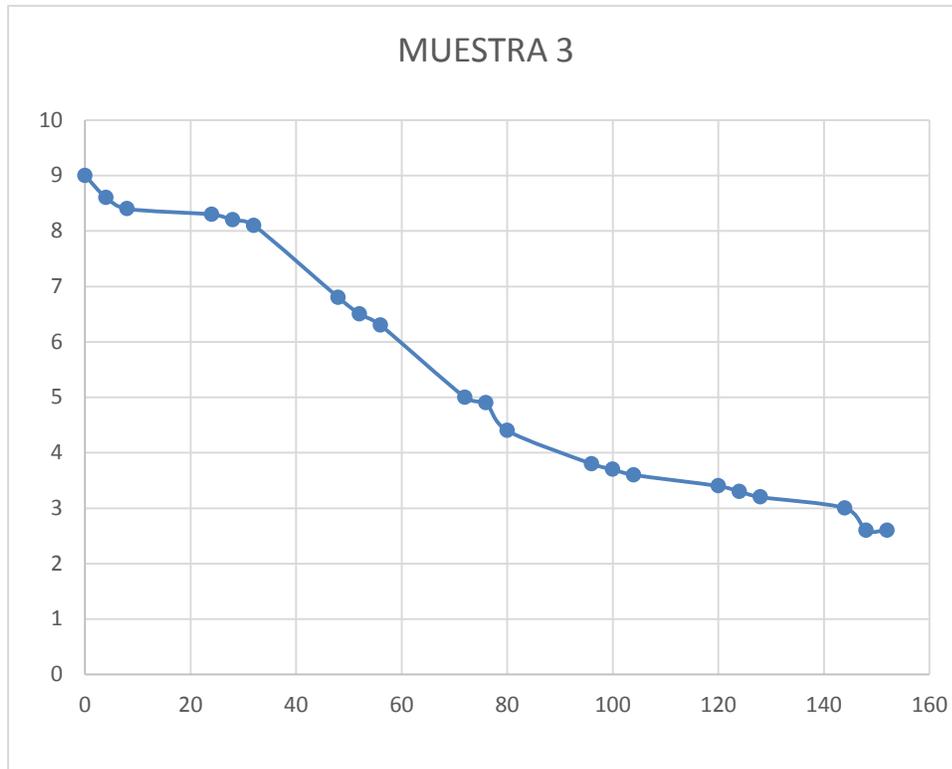
Fuente: elaboración propia ,2018

**FIGURA 3-4 DEGRADACION DE AZUCARES CON RESPECTO AL
TIEMPO MUESTRA 2 REPLICA**



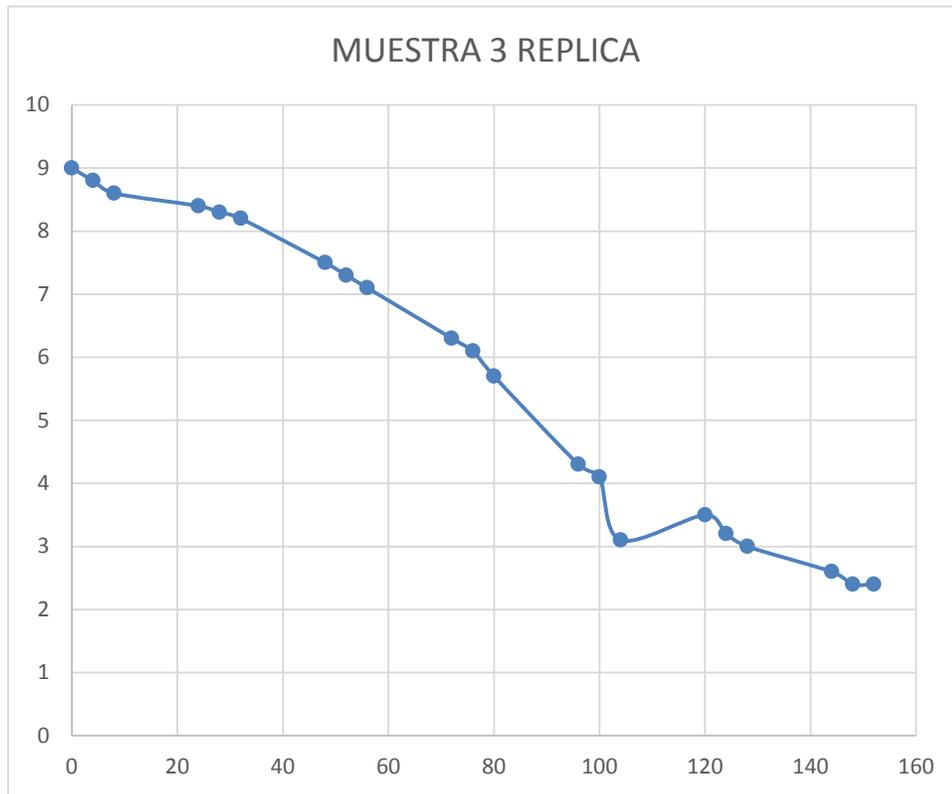
Fuente: elaboración propia ,2018

**FIGURA 3-5 DEGRADACION DE AZUCAR CON RESPECTO AL TIEMPO
MUESTRA 3**



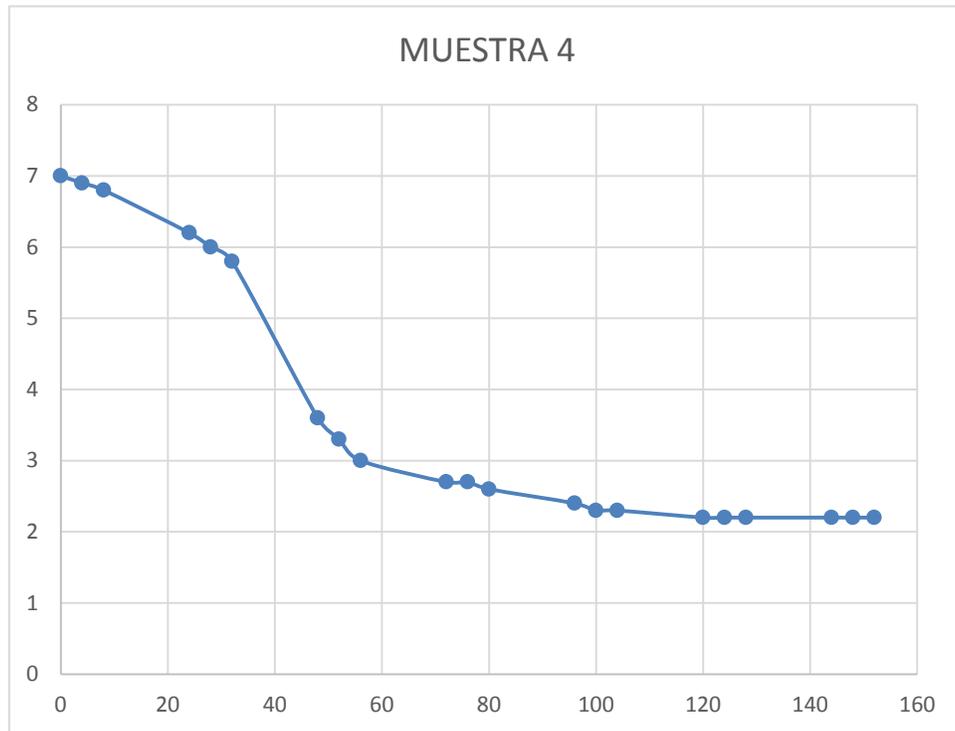
Fuente: elaboración propia ,2018

FIGURA 3-6. DEGRADACION DE AZUCARES CON RESPECTO AL TIEMPO MUESTRE 3 REPLICA



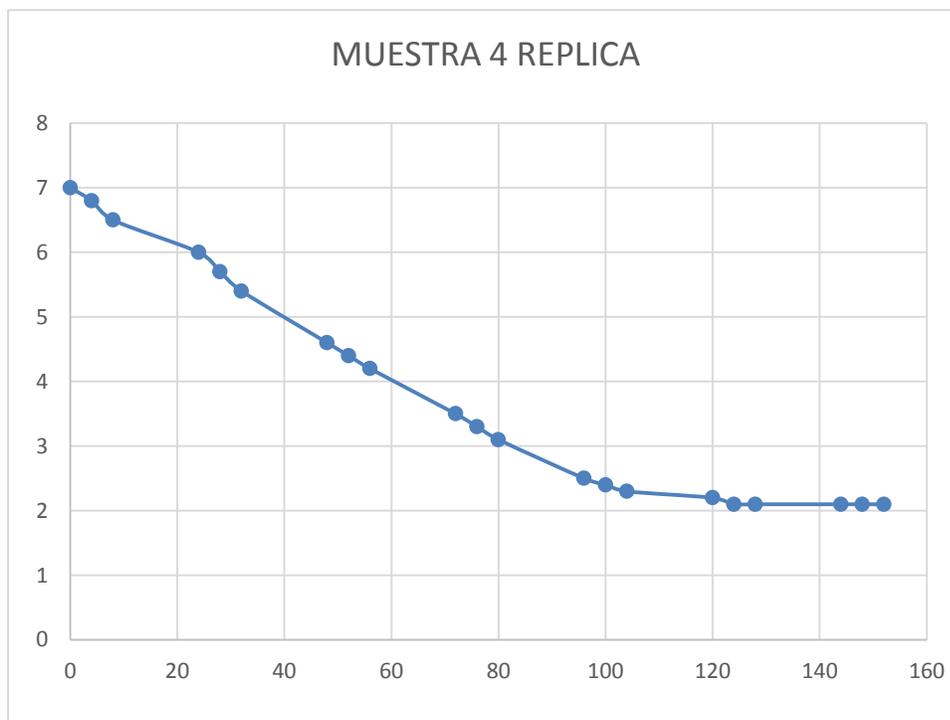
Fuente: elaboración propia ,2018

FIGURA 3-7. DEGRADACION DE AZUCARES CON RESPECTO AL TIEMPO MUESTRA 4



Fuente: elaboración propia ,2018

**FIGURA 3-8 DEGRADACION DE AZUCARES CON RESPECTO AL
TIEMPO MUESTRA 4 REPLICA**



Fuente: elaboración propia ,2018

De acuerdo a las figuras, se puede observar que en las primeras horas (de 0 a 80 horas) existió una degradación rápida, mientras que las que las siguientes 80 horas la degradación fue mucha más lenta y casi constante

3.1.3. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA FILTRACION

Los resultados obtenidos de la fermentación para las distintas pruebas de filtración se muestran en la III-9

TABLA III-9 RESULTADO EN LA FILTRACION

Muestras	Residuo del jugo de algarrobo en Kg	Jugos a destilara en Kg	Jugos a destilar en L
1	2.7221	1.9731	2.0320
2	2.7481	1.9682	2.0269
3	2.77221	1.9699	2.0287
4	2.7361	1.9668	2.0255
5	2.7574	1.9532	2.0115
6	2.7921	1.9637	2.0223
7	2.7987	1.6853	1.7356
8	2.7242	1.6082	1.6562

Fuente: elaboración propia, 2018

Para obtener los valores de los jugos a destilar, se utiliza la siguiente formula, como se calculó la densidad del jugo de algarroba en laboratorio de operaciones unitarias, dando como resultado 0.971 kg/L y la masa del jugo de algarroba de cada muestra que se tiene como dato fácilmente se calcula el volumen del mismo. Por ejemplo, para la muestra 1

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{1.9731kg}{\frac{0.971kg}{L}}$$

$$V = 2.0320 L$$

De esa manera se obtendrá los datos de las siguientes muestras.

Cabe resaltar que una cantidad considerable de masa es desechada en la filtración por lo tanto solo se puede recuperar 2.0320 L de jugo de algarrobo.

3.1.4. RESULTADOS OBTENIDOS DEL PROCESO DE DESTILACION

En el proceso de destilación se obtienen los resultados que se expresaran en la tabla III-10.

TABLA III-10. RESULTADOS DEL PROCESO DE DESTILACION

Muestra	Jugo a destilar en L	Residuo de destilación L	Perdidas en L	Alcohol etílico obtenido en L
1	2.0287	0.3378	0.003	0.3581
2	2.0269	0.3378	0.003	0.3459
3	2.0320	0.3396	0,003	0.3964
4	2.0255	0..3375	0,003	0.3345
5	2.0115	0.3352	0,003	0.3756
6	2.0223	0.3370	0,003	0.3564
7	1.1356	0.1892	0,003	0.3489
8	1.6562	0.2726	0,003	0.3498

Fuente: Elaboración propia, 2018

Los datos expuestos en la tabla III-10 muestran los resultados obtenidos que de 727.8 gr de harina de algarroba se pudo obtener un jugo de hasta 2.0287 L con una concentración de hasta 15° GL.

3.1.5. PARAMETROS OPTIMOS PARA LA OBTENCION DE ALCOHOL ETILICO POR DESTILACION

Las variables que se consideran en el proceso de destilación son: la temperatura y el tiempo; parámetros que se controlan para poder saber qué condiciones son las adecuadas para obtener mejores resultados.

Por lo tanto, se llega a la conclusión que el tiempo es una variable significativa en dicho proceso. En la tabla III-11 se puede observar los resultados de las diferentes muestras.

TABLA III-11 RESULTADOS GENERALES DEL PROCESO DE DESTILACION

Muestra	Tiem(h)	T (°C)	Vol (ml)	°GL
1	1:30	75	358.1	10
2	2:00	78	345.9	9
3	1:30	75	396.4	15
4	2:00	78	334.5	12
5	1:30	75	375.6	10
6	2:00	78	356.4	8
7	1:30	75	348.9	11
8	2:00	78	349.8	9

Fuente: Elaboración propia ,2018

Donde:

T (°C)= temperatura de destilación en grados centígrados

Tiem (h)= tiempo de destilación expresado en horas

Vol (L)= volumen de alcohol etílico obtenido expresado en L

Como se puede observar claramente en la tabla que la variable tiempo es muy importante ya que a mayor tiempo de destilación mayor cantidad de alcohol etílico tendremos, pero la concentración del mismo disminuirá.

Por tanto, llegamos a la conclusión que el tiempo es directamente proporcional a la cantidad de alcohol etílico obtenido e inversamente proporcional a la concentración de alcohol etílico

3.1.6. COMBINACION DE VARIABLES PARA LA DESTILACION

Para hacer la combinación de variables se toma en cuenta las variables de tiempo y temperatura, con los niveles superior e inferior; la misma se muestra en la

tabla III-12

TABLA III-12 VARIABLES PARA LA DESTILACION

Nivel	Tiempo (h)	Temperatura
Superior	2:00	78
Inferior	1:30	75

Fuente: elaboración propia, 2018

TABLA III-13 CONVINACION DE VARIABLES DE DESTILACION

Muestra	Tiempo	°Brix	Variable respuesta Vol. destilado (ml)
1	1	-1	358.1
2	1	1	345.9
3	-1	-1	396.4
4	-1	1	334.5
5	1	-1	375.6
6	1	1	356.4
7	-1	-1	348.9
8	-1	1	349.8

Fuente: elaboración propia, 2018

CAPITULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Al concluir el presente trabajo según los resultados obtenidos en el proceso de la investigación se establecen las siguientes conclusiones

- Habiéndose determinado los parámetros fisicoquímicos de las vainas de algarrobo maduras de la variedad *Prosopis sp* en el centro de análisis investigación y desarrollo (CEANID), se determinaron las propiedades de cenizas, proteínas, humedad y azúcares totales, dando buenos resultados que se presentan en los anexos
- El proceso seleccionado fue el adecuado para la realización del trabajo ya que no existió casi interferencia en el proceso de fermentación anaerobia, el diseño factorial en el proceso de fermentación se tomaron en cuenta dos variables, grados Brix y tiempo de fermentación llegando a la conclusión de que a mayor tiempo de fermentación se obtiene mayor cantidad de concentración de alcohol etílico
- Se utilizó como materia prima los frutos de algarrobo maduro, que fueron aprovechados para la obtención de alcohol etílico que presentaron una concentración de 15 °GL con un rendimiento de 682.8 gr de algarrobas molidas se obtuvieron 0.096 L de alcohol etílico, utilizando como microorganismo productor la levadura *saccharomyces cerevisiae* haciendo efectiva la conversión
- Los parámetros identificados como óptimos en el proceso de destilación que se tomaron en cuenta fueron el tiempo y la temperatura, se pudo identificar que si se toma un tiempo mayor en dicho proceso obtenemos mayor cantidad de alcohol etílico, pero con concentraciones mas bajas expresados en ° GL

- En el proceso de fermentación se observó que la conversión de azúcares en alcohol etílico los primeros tres días es más rápida y elevada mientras que los días restantes es mucho más lenta y casi constante por que se considera que es apropiado trabajar en 7 días
- El grado alcohólico se determinó con un alcoholímetro proporcionado por el laboratorio de operaciones unitarias (LOU) de la carrera de ingeniería química a condiciones del ambiente para comprobar los resultados obtenidos se procedió a realizar los análisis fisicoquímicos en el centro de análisis investigación y desarrollo (CEANID)
- el fruto de algarrobo contiene hasta un 60% de azúcares y carbohidratos en su composición, es un fruto adecuado para la obtención del etanol, llegando a ser una buena alternativa, que incluso puede generar ingresos económicos a las familias de las regiones causando un impacto ambiental relevante, paralelamente forestando áreas que pueden tener impactos ambientales favorables a nuestra región.

4.2. RECOMENDACIONES

- En caso de los frutos de algarrobo, se recomienda realizar el proceso de secado a una temperatura adecuada para evitar húmedas cuando se realice la molienda así también, con el fin de evitar el crecimiento de hongos y bacterias.
- Es recomendable evaluar las condiciones de proceso, pues juegan un rol fundamental en la fermentación como en el destilado, debido a que definen el tiempo de obtención del alcohol etílico, la selección del equipo empleado, es fundamental ya que ejercen una influencia marcada en el rendimiento de las vainas del algarrobo. por consiguiente, será necesario evaluar las condiciones de entrada del agua de refrigeración (temperatura) y la velocidad del flujo del mismo.
- equipar el laboratorio con material de vidrio e Implementar con equipo para poder realizar los ensayos con mayor rigor científico.
- Se recomienda tener cuidado con la activación de la levadura ya que la misma tiene que tener las condiciones adecuadas del sistema por lo cual es necesario mantener una temperatura adecuada y nutrientes para óptima conversión

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

Ocaña, C.L; Okamoto, I.V y Guzmán, A.C (1987-1988) *ZONAS ARIDAS*. Universidad Nacional Agraria .Lima-Perú En Venta Científica .Nº5.pp. 69-82.Editorial Centro de Investigación de Zonas Áridas (CIZA)

Fajardo, M; Mamani, A y Grinaldes, A (2014) *ELABORACION DE ETANOL A PARTIR DE LOS FRUTOS DE ALGARROBO* (Ciencias y Tecnologías Agrarias).Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chusica, Facultad de Ciencias Agrarias .Calle Calvo Nº132, Sucre Bolivia

Dante, P.G y Cruz, N (2000) ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE FRUTOS PROSOPIS ALBA Y PROSOPIS PALLIDA (pp.1-42).Universidad de Piura .Perú

Depósito de documentos de la FAO .EL GENERO PROSOPIS “ALGARROBO”EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE .Departamento de Agricultura .fecha de consulta. 15 Junio 2016.Disponible en:[http://www.Las Especies del Genero Prosopis \(Algarrobos\) de América Latina](http://www.Las Especies del Genero Prosopis (Algarrobos) de América Latina)

Ringuelet, G. (2011, Julio 4) EL ALGARROBO .Fecha de Consulta. 15 Julio de 2016, de [http://www .I:/”EL ARBOL”...](http://www.I:/”EL ARBOL”...), (El Algarrobo).Bisbiseos

Gómez, A; Gaita, F y Téllez, p. (2010) ALCOHOL ETILICO (ETANOL) (PROCESO ARTESANAL). Fecha de Consulta .22 junio 2016, de [http://www.I:/Alcohol etílico \(etanol\) \(proceso artesanal\) –Monografías –com.mht](http://www.I:/Alcohol etílico (etanol) (proceso artesanal) –Monografías –com.mht)

Perú Ecológico (2009) ALGARROBO (PROSOPIS PALLIDA). Fecha de Consulta .22 junio 2016, de [http://www.I:/algarrobo \(Prosopis Pallida\).mht](http://www.I:/algarrobo (Prosopis Pallida).mht)

Todobodega; DESTILACION, TEORIA Y TIPOS .Fecha de Consulta., 18 julio 2016, de <http://www.I;/destilación –teoría y tipos de destilación .htm>

ANEXOS

ANEXO 1

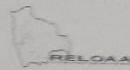
TAXONOMIA DE LA ALGARROBA

ANEXO 2

ANALISIS FISICOQUIMICOS DE LA ALGARROBA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
 FACULTAD DE "CIENCIAS Y TECNOLOGÍA"
 CENTRO DE ANÁLISIS, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO "CEANID"
 Laboratorio Oficial del Ministerio de Salud y Deportes
 Red de Laboratorios Oficiales de Alimentos
 Red Nacional de Laboratorios de Micronutrientes
 Laboratorio Oficial del "SENASAG"



CEANID-01049
 Versión 01
 Fecha de emisión: 2016-10-15

INFORME DE ENSAYO

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

Cliente:	Elizabeth Aramayo				
Solicitante:	Elizabeth Aramayo				
Dirección:	Barrio 3 de Mayo				
Teléfono/Fax:	70220456	Correo-e:	****	Código:	AL 178/17

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Descripción de la muestra:	Algarrobo				
Código de muestreo:	*****	Fecha de vencimiento:	*****	Lote:	*****
Fecha y hora de muestreo:	2017-07-03 Hrs. 15:00				
Procedencia (localidad/Provincia/Departamento):	El Puente - Mendez - Tarija Bolivia				
Lugar de muestreo:	*****				
Responsable de muestreo:	Elizabeth Aramayo				
Código de la muestra:	1396 FQ 1100	Fecha de recepción de la muestra:	2017-07-03		
Cantidad recibida:	450 g	Fecha de ejecución de ensayo:	De 2017-07-03 al 2017-07-30		

III. RESULTADOS

PARÁMETRO	TECNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	LÍMITES PERMISIBLES		REFERENCIA DE LOS LÍMITES
				Min.	Max.	
Azúcares totales	Volumetría	%	35.62	Sin Referencia		Sin Referencia
Azúcares reductores	Volumetría	%	10.32	Sin Referencia		Sin Referencia
Ceniza	NB 39034-10	%	2.76	Sin Referencia		Sin Referencia
Humedad	NB 313010-05	%	7.71	Sin Referencia		Sin Referencia
Proteína total (Nx6.25)	NB/ISO 8968-1:08	%	5.69	Sin Referencia		Sin Referencia

NB Norma Boliviana IEC Organización Internacional de Normalización % Porcentaje

- 1) Los resultados reportados se refieren a la muestra ensayada en el Laboratorio
- 2) El presente informe sólo puede ser reproducido en forma parcial y/o total, con la autorización del CEANID
- 3) Los datos de la muestra y el muestreo, fueron suministrados por el cliente

Tarija, 31 de julio de 2017

Ing. Rogelio Aceituna Cáceres
 JEFE DEL CEANID



Original: Cliente
 Copia: CEANID

Dirección: Campus Universitario Facultad de Ciencias y Tecnología Zona "El Tejar" Tel: (591) (4) 6643408
 Fax: (591) (4) 6643403 - Email: ceanid@uasju.edu.bo - Casilla 51 - TARIJA - BOLIVIA

Página 1 de 1

ANEXO 4

PROCESO DE OBTENCION DE ALCOHOL ETILICO

SELECCIÓN



Fuente: elaboración propia, 2018

LIMPIEZA



Fuente: elaboración propia, 2018

SECADO



Fuente: elaboración propia, 2018

EXTRACCION DE SOLIDOS SOLUBLES



Fuente: elaboración propia, 2018

PESADO



Fuente: elaboración propia, 2018

TRATAMIENTO TERMICO



Fuente: elaboración propia, 2018

FERMENTACION



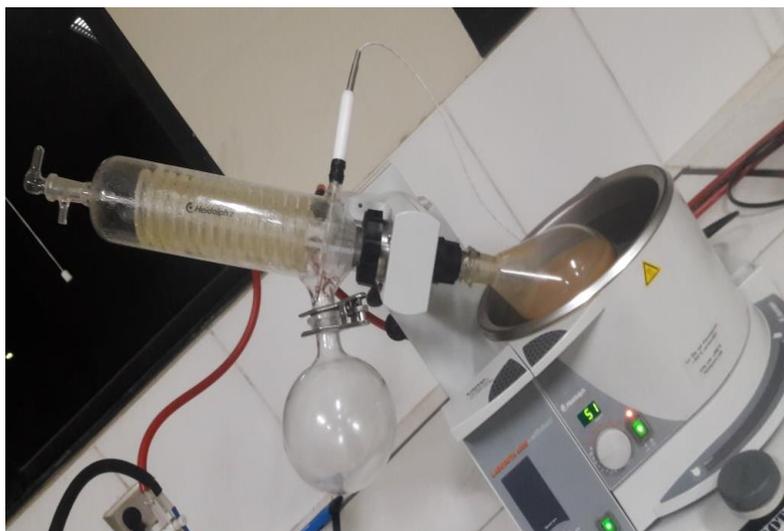
Fuente: elaboración propia, 2018

FILTRACION



Fuente: elaboración propia, 2018

DESTILACION



Fuente: elaboración propia, 2018

ALCOHOL ETILICO



Fuente: elaboración propia, 2018

ENVASADO



Fuente: elaboración propia, 2018