

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL

**“Determinación de la producción de bioetanol a partir de tres
sustratos fuente de carbohidratos utilizando un coctel
microbiológico”**

AUTOR:

Félix Faustino Mamallacta Tanguila

TUTOR DEL PROYECTO:

Ing. Julia Marianela Escobar Arcos MSc.

PUYO - PASTAZA - ECUADOR

Febrero - 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Los criterios emitidos en el proyecto de investigación: “**DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE TRES SUSTRATOS FUENTE DE CARBOHIDRATOS UTILIZANDO UN COCTEL MICROBIOLÓGICO**”, así como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y recomendaciones son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este trabajo de grado.

Autor

Félix Faustino Mamallacta Tanguila

C.I. 160053870 - 4

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Por medio del presente, Julia Marianela Escobar-Arcos con CI: 180354666 - 0 certifico que Félix Faustino Mamallacta Tanguila egresado de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Estatal Amazónica, realizo el Proyecto de investigación titulado: ***“DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE TRES SUSTRATOS FUENTE DE CARBOHIDRATOS UTILIZANDO UN COCTEL MICROBIOLÓGICO”***, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial bajo mi supervisión.

Ing. Julia Marianela Escobar Arcos MSc.

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación de proyecto de investigación aprueba el proyecto de investigación titulado: ***“DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE TRES SUSTRATOS FUENTE DE CARBOHIDRATOS UTILIZANDO UN COCTEL MICROBIOLÓGICO”***.

Dra. Laura Scalvenzi
Presidente del tribunal

Dr. Amaury Pérez Martínez
Miembro del Tribunal

Ing. María del Carmen Castelo Naveda
Miembro del Tribunal

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud a Dios que llena de alegría a mis seres queridos al permitirme cumplir esta meta en especial.

A mi madre por ser valiente, por su amor y apoyo incondicional por creer siempre en mí, por motivarme siempre, pero sobre todo por enseñarme con su ejemplo a nunca rendirme y ser una persona trabajadora y honesta. Siempre estando agradecido.

A mi padre por esforzarse en el desarrollo desde mi niñez, por ser un padre que siempre inculco el respeto y la puntualidad.

A mis hermanos por apoyarme de una u otra manera, brindaron su ayuda para culminar la investigación.

Agradecer especialmente a mi tutora Msc. Marianela Escobar y cotutor Dr. Amaury Pérez por brindarme con su esfuerzo, dedicación, su conocimiento, su persistencia y su motivación la cual ha sido fundamental para mi formación como investigador y su paciencia en la elaboración del proyecto de investigación.

A agradecer a la escuela de Ingeniería Agroindustrial y la Universidad Estala Amazónica la cual fue un hogar en la que me nutrí de conocimiento.

DEDICATORIA

Durante estos cinco años inolvidables de esfuerzo y lucha de momentos de éxito, los deseos inagotables de superarme para lograr uno de los objetivos deseados por este motivo el presente proyecto de investigación va dedicado a Dios, por guiarme, y llenarme de bendición ya que gracias al he logrado culminar mi carrera y sentirme satisfecho por vivir este triunfo.

A mis padres Venancio Mamallacta y Mercedes Tanguila por el apoyo incondicional, el sacrificio que han hecho por mí, por lo que se realizó el objetivo planteado para que hoy fuera una realidad, porque este título de Ingeniero es de ustedes por esa lucha y constancia que me bridaron.

A mis amigos, compañero y todas aquellas personas que aportaron de una u otro manera a lograr mis objetivos.

Félix Faustino Mamallacta Tanguila

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	1
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Formulación del problema.....	3
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
CAPÍTULO II.....	4
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1 Antecedentes.....	4
2.2 Fuentes de carbohidratos	5
2.3 La yuca	5
2.4 Cachaza (caña de azúcar)	6
2.5 Suero (leche de bovino).....	8
2.6 Hongo tibetano (coctel biológico).....	9
2.6.1 Origen	9
2.6.2 Composición química, microbiológica.....	10
2.7 Fermentación y tipos de fermentación.....	11
2.7.1 Tecnologías de la fermentación.....	11
2.7.2 Microorganismos utilizados en la fermentación.....	12
2.8 Proceso de obtención de bioetanol	13
2.8.1 Utilización de residuos agroindustriales a bioetanol	13
2.9 Residuos agroindustriales.....	14
2.10 Refractometría.....	15

CAPÍTULO III	16
3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
3.1 Localización.....	16
3.2 Tipo de investigación.....	17
3.3 Métodos de investigación	17
3.4 Selección de los sustratos como fuente de carbohidratos.....	17
3.5 Diseño experimental de la investigación.....	18
3.6 Obtención del bioetanol por fermentación discontinua.....	20
3.7 Cuantificación del bioetanol y grado alcohólico	21
CAPÍTULO IV.....	23
4 RESULTADOS	23
4.1 Sustratos como fuente de carbohidratos	23
4.2 Obtención de bioetanol.....	24
4.2.1 Grado alcohólico del bioetanol.....	26
4.2.2 Grado alcohólico del bioetanol destilado	27
4.2.3 Volumen de bioetanol obtenido.....	29
CAPÍTULO V	30
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
5.1 Conclusiones.....	30
5.2 Recomendaciones	30
CAPÍTULO VI.....	31
6 BIBLIOGRAFÍA	31
7 ANEXOS.....	35

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

TABLA DE CONTENIDOS

Tabla 1: Composición de la cachaza.	6
Tabla 2: Clases de microorganismos utilizados en la fermentación.....	12
Tabla 3: Formulación de tratamiento de sustrato yuca.....	19
Tabla 4: Formulación de tratamiento de sustrato suero de leche.	19
Tabla 5: Formulación de tratamiento de sustrato cachaza.....	20
Tabla 6: Producción materia prima, cantidad estimada de residuos y contenido de carbohidratos.	23
Tabla 7: Medición de pH y Brix del sustrato yuca.	24
Tabla 8: Medición de pH y Brix del sustrato suero.....	25
Tabla 9: Medición de pH y Brix del sustrato cachaza.....	25
Tabla 10: Composición de carbohidratos del suero.	35
Tabla 11: Composición de carbohidratos de la cachaza.....	35
Tabla 12: Composición de carbohidratos de la yuca.....	35
Tabla 13: Formulación del sustrato de yuca.....	36
Tabla 14: Formulación del sustrato de suero de leche.	36
Tabla 15: Formulación de sustrato de la cachaza.....	36
Tabla 16: Tabla de medición de °Gay Lussac en referencia al ° Brix mediante un refractómetro.	37
Tabla 17: Rendimiento respecto al volumen perdido del volumen total en la destilación del etanol.	38
Tabla 18: Valores obtenidos de la destilación y los grados °Gay Lussac obtenidos.....	38

FIGURAS

Figura 1: Proceso de fabricación del azúcar a partir de la caña.	7
Figura 2: Granulo de túbicos.....	9
Figura 3: Tipos de kéfir.....	10
Figura 4: Área donde se efectuó el estudio.	16
Figura 5: Curva de calibración polinómica de grado cuatro la tabla de etanol/agua para medir °Gay Lussac en referencia a los °Brix con un refractómetro (HSR-500).....	26
Figura 6: Grado obtenido °Gay Lussac en la destilación del mosto de yuca.	27
Figura 7: Grado obtenido °Gay Lussac en la destilación del mosto de Suero.	28
Figura 8: Grado obtenido °Gay Lussac en la destilación del mosto de cachaza.....	28
Figura 9: Cantidad en porcentaje de bioetanol obtenido en el destilado, en comparación del volumen bibliográfico.....	29
Figura 10: Equipo de refractómetro para medir los °Brix el contenido de azúcares en frutas y soluciones azucaradas.....	39

ANEXOS

ANEXO A: Composición química de sustratos.....	35
ANEXO B: Datos de la formulación del solvente y soluto para los sustratos a fermentar.	36
ANEXO C: Datos de la curva de calibración polinómica brix/etanol.....	37
ANEXO D: Tabla de datos del rendimiento de la obtención de bioetanol.....	38
ANEXO E: Datos del refractómetro utilizado.....	39

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación se basó en la producción de bioetanol a partir de tres fuentes de carbohidratos aprovechando residuos provenientes de la agroindustria y otras fuentes disponibles en la provincia de Pastaza. Se utilizó como mecanismo de acción un coctel microbiológico (hongos típicos) para la fermentación de los sustratos; se evaluaron nueve tratamientos teniendo como solvente al agua y los solutos (carbohidratos). La selección de los sustratos se realizó considerando los reportes estadísticos del INEC (2018), en cuanto a las materias primas más representativas de la región que son fuente de carbohidratos. Una vez diseñados los experimentos, se colocaron las muestras en envases PET para la fermentación anaerobia por cuatro días a temperatura ambiente (21 – 24°C), luego se extrajo el bioetanol por destilación simple, se cuantificó la cantidad de alcohol y el grado alcohólico, el cual se determinó mediante una curva de calibración polinómica de cuarto grado para verificar el contenido de grados Gay Lussac, utilizando un refractómetro de Abbe calibrado a 20°C. Los mejores tratamientos se determinaron con respecto a la cantidad de bioetanol obtenido, siendo el T7 (16% de cachaza) con 16 ml y 21,39°GL; seguido por el T8 (23 % cachaza de caña) con 14 ml y 31,66°GL y el T9 correspondiente al 25% cachaza de caña con un volumen de 13,2 ml y 47,5°GL.

PALABRAS CLAVES

Sustrato, Coctel microbiológico, Cachaza, Yuca (*Manihot esculenta*), Fermentación

ABSTRACT

This research was based on the production of bioethanol from three sources of carbohydrates using residues from agro-industry and other sources available in the province of Pastaza. A microbiological cocktail (Tibic fungi) was used as a mechanism of action for substrate fermentation; nine treatments were evaluated using water and solutes (carbohydrates) as solvents. The selection of the substrates was made considering the statistical reports of the INEC (2018), regarding the most representative raw materials of the region that are a source of carbohydrates. Once the experiments were designed, the samples were placed in PET containers for anaerobic fermentation for four days at room temperature (21 - 24°C), then the bioethanol was extracted by simple distillation, the amount of alcohol and the alcoholic strength were quantified, which was determined by means of a fourth-degree polynomial calibration curve to verify the Gay Lussac content, using an Abbe refractometer calibrated at 20°C. The best treatments were determined with respect to the amount of bioethanol obtained, being T7 (16% sugarcane cachaça) with 16 ml and 21.39°GL; followed by T8 (23% sugarcane cachaça) with 14 ml and 31.66°GL and T9 corresponding to 25% sugarcane cachaça with a volume of 13.2 ml and 47.5°GL.

KEYWORDS

Substrate, Microbiological Cocktail, Cachaza, Yucca (*Manihot esculenta*), Fermentation

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

Se prevé que para el 2026 la producción mundial de bioetanol aumentará un 14% y que el 60% del aumento procederá de Brasil, seguido de E.E.U.U, China y Tailandia con una participación de 14%, 11% y 8% respectivamente (Blanco López, 2017); en Ecuador desde el año 2010, se viene impulsando el proyecto de la mezcla de gasolina con etanol de caña de azúcar y de diesel con biodiesel reduciendo las importaciones de energía, además de ayudar a disminuir las emisiones de efecto invernadero en un largo plazo (Castro Armijos, Prado Carpio, Paladines Romero, y Cervantes Álava, 2017).

La producción de bioetanol se puede obtener aprovechando la biomasa residual proveniente de la transformación de materias primas en la industria, la cual contiene gran cantidad de glucosa, sacarosa, celulosa, hemicelulosa y lignina; éstas son degradadas por microorganismos. Usualmente el proceso de síntesis del bioetanol se realiza en cuatro etapas: Pretratamiento ácido, deslignificación alcalina, hidrólisis enzimática y fermentación (Ranjan et al. 2016). En escala industrial se obtiene por destilación a partir de la fermentación de carbohidratos que se encuentran en las plantas, sub productos o desechos y la utilización de levaduras y hongos (Carvalho Junior y col., 2008).

Los hongos tíbicos son zoogleas, de masa semi gelatinosa compacta, de apariencia blanquecina o amarillenta, opalescente translúcida atravesadas por vetas muy delgada formado irregularidades y de tamaño variable, estos hongos están constituidos por bacterias y levaduras que son las responsables de la fermentación de los distintos sustratos (Ulloa y Herrera, 1981).

Por lo tanto, se utilizó un solvente que es el agua sin cloro y solutos que serán los sustratos utilizado como activo de fermentación el coctel microbiológico (tíbicos), para producir bioetanol, mediante la actividad metabólica de los microorganismos. Conjuntamente fue necesario realizar pre-ensayos para verificar cuál de los residuos agroindustriales de las microempresas y mercados de la Provincia de Pastaza, tenían fuente rica en azúcares, en donde los microorganismos reaccionen con el coctel microbiológico.

Por estas razones se planteó como objetivo determinar la producción de bioetanol a partir de tres fuentes que contengan carbohidratos con la utilización de un coctel microbiológico (hongos tóxicos), mediante la fermentación anaerobia.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo de la industria a nivel mundial ha generado en las últimas décadas cantidades exorbitantes de biomasa residual. Estos residuos en estado sólido o líquido tienen un alto contenido de glucosa, sacarosa, celulosa, hemicelulosa y lignina que pueden aprovecharse para obtener un producto con valor económico (Vargas Corredor y Pérez Pérez, 2018). Bajo esta consigna una gran parte de las micro empresas de la región Amazónica, generan biomasa residual que no es tratada adecuadamente; resultado de esto es la contaminación de esteros y la generación de olores desagradables.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El bioetanol en el mercado internacional es una nueva alternativa de combustibles que despierta el interés en países que consumen hidrocarburos, esto orienta nuevas políticas para preservar el medio ambiente. En los últimos años las fuentes de energía renovable han tomado un rol importante, porque están siendo utilizadas como un sustituto de los derivados fósiles, así mismo como una respuesta ecológica y una solución al agotamiento del petróleo.

La producción de bioetanol actualmente ha tomado gran auge debido a la necesidad de encontrar fuentes de energías renovables, amigables con el medio ambiente y en grandes cantidades. El uso principal del bioetanol en el mercado es como combustible representa un 61% de la producción mundial, ya sea para mezclar o reemplazar al petróleo y derivados; también se destina el 23% a la industria procesadora de cosméticos, farmacéutica, química y entre otras; y el 16% se destina a la industria de bebidas (Gómez y Bello Pérez, 2018).

Las principales fuentes de carbohidratos para la producción de bioetanol en gran escala, son aquellos que tienen un alto contenido de sacarosa, como la caña de azúcar, remolacha, sorgo dulce así como residuos ricos en celulosa como aquellos de origen agrícolas y forestales principalmente de las hojas y los tallos (Gómez y Bello Pérez, 2018) entre otras; en éste tipo de sustratos la fermentación alcohólica se realiza principalmente por la acción de las levaduras y como producto resultante de este proceso es el bioetanol y dióxido de carbono (CO₂). Es así que, el objetivo del presente trabajo fue la utilización de biomasa residual

generados en la Provincia de Pastaza para obtener bioetanol mediante un matriz microbiológico (hongos tibetanos) y de esa forma contribuir al crecimiento de nuevas fuentes de energías renovables.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El desconocimiento de tecnologías para el aprovechamiento de los residuos agrícolas y forestales y el escaso interés de la utilización de un sistema de recolección para el tratamiento adecuado de los desperdicios sólidos y líquidos, son factores que han contribuido a la contaminación ambiental, como la generación de fuertes olores que son focos de enfermedades y reproducción de plagas.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la producción de bioetanol a partir de tres sustratos, fuente de carbohidratos, utilizando un coctel microbiológico.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Seleccionar tres tipos de materias primas en función de la composición de carbohidratos.

Obtener bioetanol a partir de las tres fuentes de carbohidratos utilizando el coctel microbiológico.

Cuantificar la cantidad y los grados alcohólicos del bioetanol obtenido de la fermentación de los sustratos.

CAPÍTULO II

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 ANTECEDENTES

El etanol o alcohol etílico es una fuente de energía renovable, en Ecuador la producción de etanol es insuficiente, produciendo etanol de las materias primas principales que es la caña de azúcar, el maíz y otros, la utilización de residuos agroindustriales no son utilizados para obtener etanol (Gallardo y Saúl, 2018).

En el País, en 2005 se aprobó una ley que ofrecía incentivos monetarios para la producción de “aditivos” de combustibles permutables como es el etanol. El 2010 se implementó el programa piloto Eco País E5, el cual pretendía para el 2015, cubrir el 86% de la demanda de combustible en la provincia de Guayas (Gallardo y Saúl, 2018).

Productores de caña de azúcar y alcohol, producían cuarenta millones de litros de etanol en el momento, el programa Eco País es una iniciativa nacional, de producción etanol principalmente en tierras bajas debido que no funciona bien en altitud (Gallardo y Saúl, 2018).

Las nuevas investigaciones y proyectos en base a la biomasa demuestran el uso de lignocelulosa de los pseudotallos de bananos Sibri y Maribel (2018) para la obtención de etanol mediante fermentación aerobia y el uso de levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

La Obtención de bioetanol a partir de malanga por medio de hidrólisis y fermentación de azúcares, Espinosa Díaz (2017) utiliza la hidrolisis enzimática para que reaccione a la fermentación los azúcares libres y se transforme en etanol.

Materias primas usadas para la producción de etanol de cuatro generaciones: retos y oportunidades, Gómez y Bello Pérez (2018) utiliza la biomasa de los residuos agropecuarios con fuente rica en azúcares libres aplicando microorganismos fotosintéticos para la fermentación en la extracción de etanol para realizar biocombustibles.

Evaluación del kéfir de agua (típicos) en sustratos de melaza y panela para la producción de etanol, Monroy Aragón, Lechón Carvajal, y Mejía Romo (2015) utilizan la melaza y la

panela para que actúen los microorganismos presentes en los tópicos para la producción de etanol.

2.2 FUENTES DE CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos a utilizar en el experimento tienen como característica principal metabolizar mediante la actividad microbiana se transforme en azúcares fermentables la yuca tiene mayor cantidad de almidón, lo que está constituido por unidades de glucosa descompuesta en dos componentes amilosa y amilopectina esto varía según su fuente (Ospina, 2002).

El suero de leche tiene un alto contenido de caseína 80% y proteína del suero 20%, con una cierta cantidad de proteína, lactosa, grasas (Ospina, 2002).

La cachaza está constituida de fibra, sacarosa, coloide, coagulados, incluyendo la cera, fosfato de calcio, también alto en almidones y proteínas y elementos lignocelulósicos (Ospina, 2002).

2.3 LA YUCA

La yuca (*Manihot esculenta Crantz*) pertenece a la familia *Euphobiaceae*. tiene muchos nombres comunes dependiendo de la región geográfica, en el norte de América del Sur, América Central y la Antillas como mandioca, en Argentina, Brasil y Paraguay como *cassava* en países anglo se conoce como guacamote México (Rojas Rivera, 2012).

El cultivo de la yuca desde el nivel del mar es 1800 msnm a una temperatura de 20-30°C y con una humedad relativa de 50-90 %, con una precipitación anual de 600-3000mm, la cual tiene un ciclo de vida de siembra dependiendo de las condiciones ambientales es más corto de 7-12 meses en áreas calidas y es más largo en regiones con alturas de 1300-1800 con una duración de 12 meses (Rojas Rivera, 2012).

La Constituye una variedad de especies más de 7200 que se caracteriza por desarrollar laticíferos que la forma células secretoras o galactocitos, origina una secreción lechosa, la raíz es cilíndrica y oblonga que alcanza el metro de largo y 10 cm de diámetro la cascara es dura no comestible, la pulpa es dura antes de la cocción, surcadas por fibras alargadas rígidas, ricas en carbohidratos y azúcares se oxida ágilmente una vez desprovista de corteza según

su variedad son de color blanca o amarilla, el origen se encuentra en la cuenca amazónica (Rojas Rivera, 2012).

El tubérculo se cataloga como unas de las fuentes de calorías en la alimentación humana y animal, asimismo proporciona 124Kcal/100 gr en cambio la papa tiene 76Kcal, se cultiva en climas tropicales después del arroz, maíz y la caña de azúcar, que demanda un origen de energía como una fuente de carbohidratos (Rojas Rivera, 2012).

2.4 CACHAZA (CAÑA DE AZÚCAR)

La cacha o pinga se define como un residuo que forma una torta que se elimina en el proceso de la clarificación del jugo de caña, durante la fabricación de azúcar o panela.

Pinga es un sub producto de la producción de la azúcar o la panela que tiene una gran parte que compone materiales orgánicos coloidal que se dispersa en el jugo, se alcaliniza precipitando los aniones orgánicos en forma de sales de calcio, junto con otras materias que son arrastrados (Gálvez, Cabello, y Villamil, 2000).

El residuo obtenido por la sedimentación de impurezas suspendidas en el jugo y con posterioridad sometida a filtración, esta se denomina cachaza primaria y el residuo que se descarga por filtros para ser desechada se llama cachaza final. La composición de la cachaza depende del tipo de suelo en que ha sido cultivada, el tipo de cosecha: sea manual o mecánica, de la variedad de caña, del grado de extracción del jugo, la cantidad de cal y otros productos utilizados en la clarificación (Gálvez y col., 2000).

En la **Tabla 1** se muestra la composición de la cachaza en fase húmeda y seca, donde se puede apreciar los componentes que tiene la cachaza.

Tabla 1: Composición de la cachaza.

Contenido Producto		
Componentes	Base seca (%)	Humedo (%)
Proteína cruda	12-16	3-4
Extracto al benceno (cera, aceite y resina)	10-14	2,5-3,5
Ceniza	8-12	2-3
P ₂ O ₅	3-5	0,6-1,3
CaO	2,5-5	0,5-1,3
Sacarosa y azúcares reductores	10-14	2,5-3,5
Bagacillo	18-25	4,5-6,25
Otros	25-35	6,2-8,7

Fuente: (Gálvez y col., 2000).

El proceso de la cual proviene la cachaza se identifica en la **Figura 1** en la cual se verifica en el proceso de clarificado del jugo de caña para la elaboración de azúcar o panela.

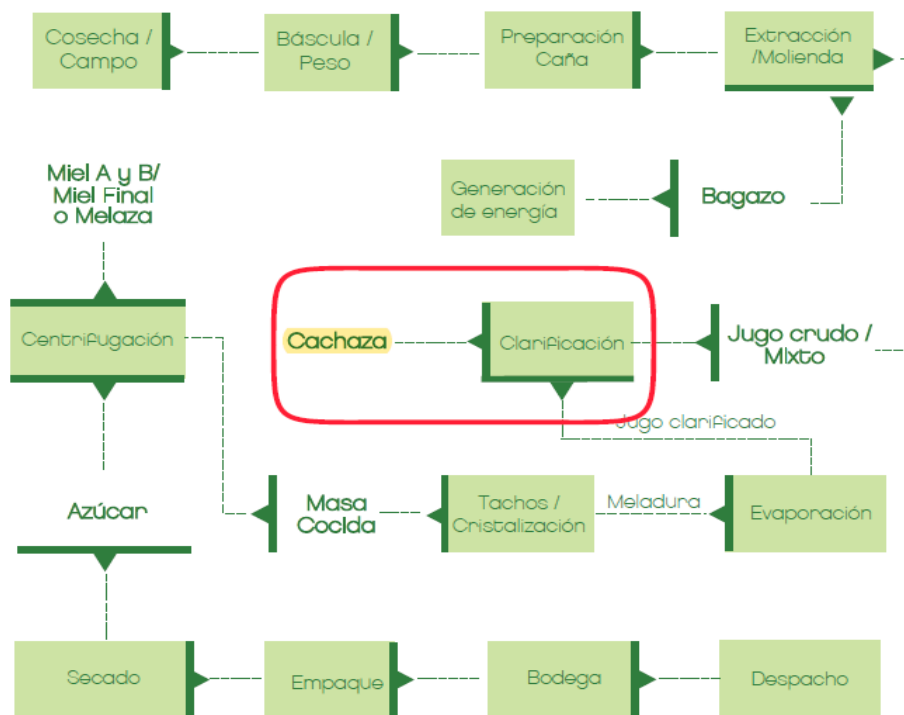


Figura 1: Proceso de fabricación del azúcar a partir de la caña.

Fuente: obtenido de Industria Azucarera San Carlos.

Usos

- La utilización de la cachaza es mayormente utilizada como fertilizante porque tiene una gran cantidad de nitrógeno, fosforo, calcio y materia orgánica lo que aporta al suelo.
- Otro uso de la cachaza en la alimentación de los ganados u otros animales rumiantes la cual se lo seca en el sol.
- La cachaza se utiliza en el estudio de una posibilidad de extraer ceras con solventes orgánicos la cual se utilizaría para sustituir diferentes tipos de ceras naturales y derivados del petróleo.
- La posibilidad del uso de la cachaza es obtener aceites, resinas y productos esferoideales.

2.5 SUERO (LECHE DE BOVINO)

El suero es una sustancia líquida que se obtiene por la precipitación de la caseína de su fase líquida llamada, así como suero de leche en la elaboración de queso.

Existen dos tipos de suero que varían de acuerdo a la cantidad de caseína que poseen, el primero se denomina suero dulce, debido a que la coagulación de la renina se da a un pH de 6,5, contiene o está compuesto por lactosa en porcentajes de 46,6 – 52. El segundo se conoce como suero ácido en proporción de 44 - 46%, resultante del proceso de fermentación, adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales para que ocurra la coagulación o precipitación de la caseína (Parra Huertas, 2009).

Aplicaciones

La proteína del suero es aplicada cada vez más en diversos alimentos esto es gracias a sus propiedades gelificantes y emulsionantes estando presente el B-lactoglobulina en mayor cantidad gelificante. Los gelificantes presentes en el lactosuero pueden ser utilizados como hidrogeles de pH-sensitivos, se define una red tridimensional que tiene la función de hincharse y retiene el agua por una fracción (Parra Huertas, 2009).

El componente favorece por sus propiedades funcionales como solubilidad, la emulsificación y también la retención de agua/grasa, espumado espesantes y propiedades de gelificación. También lo hace un ingrediente alimenticio como las propiedades funcionales del lactosuero comparadas a la de la leche (Parra Huertas, 2009).

La utilización del suero en las empresas disminuya la contaminación de residuos de la industria de quesos, utilizándolas como un sustituto de la leche materna para los niños lactantes como un alimento innovador aprovechando (Parra Huertas, 2009).

En la producción de una bebida alcohólica por la conversión del suero, es una alternativa de interés para la industria, la manufactura de destilería de suero emplea en la fermentación macroorganismos *Kluyveromyces marxianus var, Marxianus* o *Kluyveromyces fragilis* y suero desproteínizado como sustrato (Parra Huertas, 2009).

Obtención de ácidos orgánicos, ácido butírico, propiónico y acético mediante la fermentación la cual representa una posibilidad para la utilización del suero como sustrato.

La producción de ácido acético a partir del suero de leche, es base para la síntesis de otros químicos como el acetato (Parra Huertas, 2009).

2.6 HONGO TIBETANO (COCTEL BIOLÓGICO)

El llamado hongo tibetano o kéfir de agua es un conjunto de flora microbiológica que consiste en bacterias y levaduras en estado de simbiosis, pertenecen a las zoongleas de color amarillento o blanquecino como se observa en la (**Figura 2**). Se emplea para la elaboración de bebidas fermentadas a base de sacarosa y agua, el líquido que deriva del proceso es efervescente, nublado con gas, de bajo pH, que en los primeros cinco días de fermentación es tiene un sabor dulce y levemente alcohólica (Paucar Barreno, 2016).



Figura 2: Granulo de t bicos.

Fuente: Paucar Barreno (2016).

2.6.1 ORIGEN

El origen es incierto hasta la actualidad, sin embargo, hay polémica sobre el hongo tibetano. Hay quienes asocian su aparición con una experiencia de unos mojes del Tibet a inicio del siglo XII en Asia Central, que salieron a recolectar alimento y observaron a un oso que sufría en agonía y con el uso de su última fuerza frotaba su cuerpo en un árbol, el cual estaba cubierto de una sustancia blanca gelatinosa. Transcurrido algunos días notaron que el animal se había recuperado; de inmediato analizaron que el contenido adherido al árbol eran hongos y debido a sus propiedades curativas al ingerirlo lo conservaron (Paucar Barreno, 2016).

Los t bicos son gránulos que tienen un gran parentesco a una coliflor con un diámetro promedio de 5 a 20 mm, tienen una apariencia transparente, una estructura gelatinosa elástica, crecen en frutos de nopaleras y se encuentran adheridos como un granulo en una

forma de hielo triturado (Paucar Barreno, 2016). Existen dos tipos de tíbicos: el azucarado, con agua azucarada fermentada; y el lechoso como una bebida fermentada de leche, pero en realidad los dos son el mismo tipo, con la misma microflora pero que se adaptó a medios distintos, se observa en la (Figura 3).

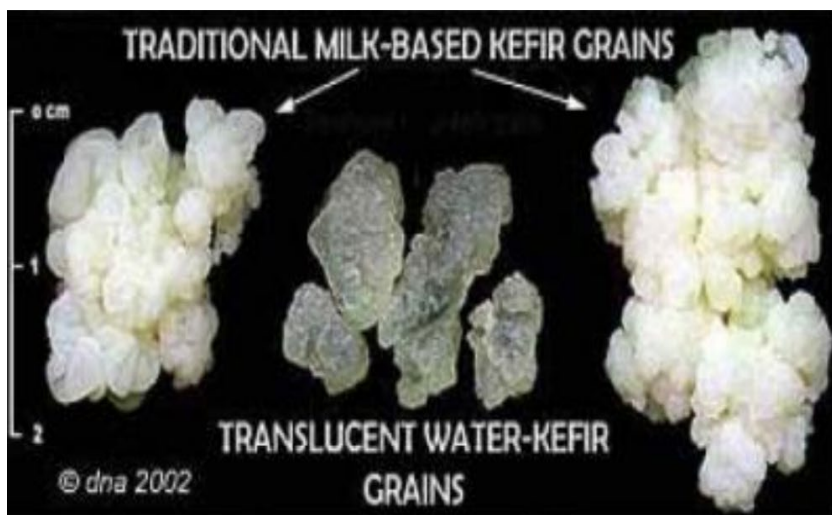


Figura 3: Tipos de kéfir.

Fuente: Echeverría Herrera y Padilla Reboloso (2014).

2.6.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA

Los tíbicos crecen en disoluciones azucaradas alimentándose de los azúcares simples, segregan ácido láctico, etanol y dióxido de carbono, estos microorganismos generan una fermentación hidroalcohólica en el agua y leche (Paucar Barreno, 2016).

COMPOSICION MICROBIOLÓGICA

Estudio de los hongos tibetanos para caracterizarlo microbiológicamente hay pocas, se estudia el tipo de bacterias y levaduras que se encuentra en el gránulo del consorcio microbiano se han identificado unos 282 bacterias y 129 levaduras en el proceso fermentativo un 57,65% son bacterias ácidas lácticas seguido de levaduras con un 30,86% y por último las bacterias acéticas con el 14,48%, mediante análisis microscopía electrónica se obtuvo que la microbiota predominante son los bacilos células que conviven en simbiosis con las células de levaduras en forma de limón, los microorganismos existentes (Paucar Barreno, 2016).

COMPOSICION BIOQUIMICA

Los granos de tópicos está conformado de 890 a 900 g/kg de agua, 2g/kg de lípidos, 30 g/kg de proteínas, 60 g/kg de azúcares y 7 g/kg de cenizas, el granulo es un conjunto de polisacáridos, principalmente por dextrano no solubles en agua, compuestos en dos capas, una externa compacta todos los microorganismos que conforma las bacterias y levaduras mientras que la interna se compone de una estructura elástica porosa debido a la acumulación de CO₂ que se produce durante la fermentación (Paucar Barreno, 2016).

2.7 FERMENTACIÓN Y TIPOS DE FERMENTACIÓN

La fermentación es un proceso catabólico de oxidación incompleta, anaeróbico ya que se produce en ausencia de oxígeno siendo el producto terminante un compuesto orgánico, como es la fermentación (acética, alcohólica, butírica, láctica y glicerina). La fermentación alcohólica es llevada por levaduras, mohos y hongos. La fermentación láctica es una ruta metabólica que ocurre en el citosol de la célula, oxidando la glucosa para obtener energía y el producto de desecho es el ácido láctico, formado a partir del ácido pirúvico por la acción de varios microorganismos y algunas células por ausencia de O₂ (Shirai Matsumoto y Malpica Sánchez, 2013).

2.7.1 TECNOLOGÍAS DE LA FERMENTACIÓN

La tecnología de fermentación es un componente importante de la mayoría de procesos biotecnológico, normalmente implica la utilización de células vivas completas (microbios, mamíferos o plantas), organelos o enzimas como biocatalizadores cuyo objetivo es producir cambios químicos, físicos en materiales orgánicos. Para ser viable en la industria, el bioprocesamiento presenta ventajas competitivas como el método de producción de tecnologías químicas en las que se utilizan vacunas o antibióticos. La tecnología que se utiliza en la fermentación se conoce actualmente como bioprocesamiento, surge en parte del uso de microorganismos para la producción de comidas y otros productos, bebidas como cervezas, vinos (Smith, 2006).

2.7.2 MICROORGANISMOS UTILIZADOS EN LA FERMENTACIÓN

Los microorganismos empleados en los procesos fermentativos dependen del tipo de fermentación, sea anaerobia o aerobia, el comportamiento de estos varía dependiendo de las circunstancias del medio o producto a elaborar, en donde se toma en cuenta la temperatura óptima, su velocidad de crecimiento, el tipo de sustrato utilizado, su pH o también por su estructura y proceso de pretratamiento en la fermentación. Los siguientes microorganismos que se indican en la (Tabla 2), están presentes en el coctel microbiológico utilizado en el presente estudio de obtención de bioetanol.

Tabla 2: Clases de microorganismos utilizados en la fermentación.

<i>Bacterias empleadas en la fermentación</i>	<i>Levaduras empleadas en la fermentación. (40°C)</i>	<i>Cultivos fúngicos empleados en la fermentación.</i>
<i>Zimomonas mobilis</i>	<i>Candida seudotropicalis</i>	<i>Mucor racemosus</i>
<i>Erwinia amilovora</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>Mucor indicus</i>
<i>Spirocheta aurantia</i>	<i>Saccharomyces allipsoideus</i>	
<i>Streptococcus lactis</i>	<i>Saccharomyces anamensis</i>	
<i>Spirocheta litorales</i>	<i>Saccharomyces carlsbergensis</i>	
<i>Spirocheta stenostrepta</i>	<i>Kluyveromyces marxianus</i>	
Degradación de la celulosa	<i>Kluyveromyces fragilis</i>	
<i>Clostridium sporogenes</i>	<i>Candida bytyrii</i>	
<i>Clostridium indolicus</i>	<i>Pichia stiptis</i>	
<i>Clostridium shnoides</i>	<i>Schizosacharomyces pombe</i>	
<i>Clostridium saccharobutyricum</i>	<i>Pichia membranaefaciens</i>	
<i>Clostridium thermohydrosulfuricum</i>	<i>Levaduras modificadas</i>	
<i>Clostridium thermocellum</i>	<i>Kluyveromyces marxianus</i>	
Bacterias modificadas		
<i>Hexosas</i>		
<i>Pentosas</i>		

Fuente: Sibri y Maribel (2018).

2.8 PROCESO DE OBTENCIÓN DE BIOETANOL

El proceso de obtención del bioetanol es a partir de plantas ricas en azúcares, los más representativos son la caña de azúcar, la remolacha y el sorgo dulce, que pasa por un proceso de dilución para ajustar la cantidad de azúcar de la mezcla, y por acción de microorganismos convierten el almidón o celulosa en azúcares fermentables, actuando enzimas que realizan el proceso de hidrolisis, que luego pasando a la etapa de fermentación anaerobio donde las levaduras generan dióxido de carbono “CO₂” y alcohol, mediante la destilación simple se condensa, y por la acción de densidad del agua y el etanol se separan (García Garrido, 2014).

2.8.1 UTILIZACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES A BIOETANOL

Según Viñal Verde, Bell García, Michelena Álvarez, y Ramill Mesa (2012), en el proceso de transformación de los residuos agroindustriales para el procesamiento de materiales lignocelulósicos, el método de la fermentación tradicional es la que más se utiliza. La técnica convierte la glucosa en etanol, sin embargo, en caso de los materiales lignocelulósicos la celulosa debe ser primero convertida a azúcares por medio de hidrolisis, por eso la materia lignocelulósica debe ser procesados por etapas. Primero la preparación del material, pretratamiento, preparación del hidrolizado, hidrolisis principal, purificación del hidrolizado, fermentación y recuperación del etanol. Este método es muy efectivo debido a que aumenta la deslignificación del material lo que hace más susceptible a la hidrolización posterior.

La obtención de etanol está orientada a la aplicación de un pretratamiento e hidrolisis, con la fermentación con levaduras *Saccharomyces cerevisiae* a 30°C por 48 h, la hidrolisis se realiza por la bacteria *Pseudomonas sp* y la fermentación la hace la glucosa que se realiza por la levadura a una temperatura de 25°C (Malagón Micán, Garay Hernández, y Peña Peña, 2017). La utilización del método de digestión anaerobia para la obtención de etanol y la utilización de un inóculo (lodo anaerobio) no fue significativa y lo que tuvo más relevancia fue la bacteria metanogénicas (González Sánchez, Pérez Fabiel, Wong Villarreal, Bello Mendoza, y Yañez Ocampo, 2015).

2.9 RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Son materiales en estado sólidos o líquidos obtenidos a partir del consumo directo de productos primarios o de su industrialización que ya no son de utilidad para el proceso que lo generó, pero se puede aprovechar o transformar para obtener otro producto con valor económico (Vargas Corredor y Pérez Pérez, 2018). Las características que tienen los residuos agroindustriales dependen mucho de su país, en su mayoría estos presentan características óptimas para aprovechar en cadenas de producción con una alternativa de tratamiento o recuperación de algún medio contaminado, los residuos más utilizados son los que provienen de las frutas. La característica química y biológica de los residuos depende del proceso de transformación de materia prima utilizada, sin embargo, son materiales lignocelulósicos; es decir que contienen celulosa, hemicelulosa y lignina que representan su mayoría (Vargas Corredor y Pérez Pérez, 2018).

COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS

La composición de los residuos que genera la agroindustria depende de la composición original de los residuos y que pueden provenir de los textiles, empaques, extracción de esteroides, pulpa de papel, materia de construcción, abonos y alimentos (Vargas Corredor y Pérez Pérez, 2018). Es recomendable realizar una adecuada selección de la tecnología considerando las propiedades químicas de la biomasa residual; generalmente se dividen en tres componentes principales: 30 a 50% de celulosa, 15 a 35% de hemicelulosa, 10 a 20% de lignina. La celulosa y hemicelulosa corresponden aproximadamente al 70% total de la biomasa. Otras investigaciones reportan la composición química para el bagazo: celulosa 45-47%, hemicelulosa 27-28%, lignina 22-23%, ceniza 2-3% y otros constituyen solubles e insolubles de 0,8% (Vargas Corredor y Pérez Pérez, 2018).

PRODUCCIÓN DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

En Ecuador se produce una elevada cantidad de residuos procedente de la agroindustria, siendo el área florícola, hortícola, maderera y avícola aquellas que encabezan mencionada biomasa. La producción vegetal es la que más genera residuos como son los tallos, hojas o frutos con calidad no comercial como resultado de su clasificación y renovación durante la cosecha y postcosecha. La agroindustria de origen animal también genera residuos como son los estiércoles, purines y subproductos como pelos y plumas. Las empresas de Ecuador

manejan de forma poco eficiente la gestión de estos residuos que no están optimizados y esto conlleva un manejo inadecuado (Ramírez Bayas, 2012).

2.10 REFRACTOMETRÍA

Para elaborar la curva de calibración polinómica y posterior cuantificación de los grados alcohólicos de las muestras destiladas se empleó la tecnología de refracción de la luz, mediante la utilización del refractómetro como principal equipo, siendo esto la importancia para cumplir uno de los objetivos planteados en el presente estudio.

La Refractometría es una técnica analítica que consiste en la medición del índice de refracción de líquido de un objeto a investigar, sea de una disolución o la pureza de compuestos únicos, mediante el refractómetro de Abbe. El refractómetro es un equipo utilizado para el análisis de los alimentos, basado en dos principios, refractómetro de ángulo límite y los refractómetros de desplazamiento de imagen, en la que se mide por la densidad de la solución o sustancias acuosas en la cual se indica el contenido de azúcares libres que tiene un alimento o sustancia. La cantidad de sólidos solubles presentes en un alimento se expresan en porcentaje de sacarosa, los sólidos solubles están mezclados con azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua (Chao Mujica, 2013).

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación fue de tipo descriptivo, experimental, cuantitativo y permitió obtener los resultados esperados.

3.1 LOCALIZACIÓN

El proyecto fue desarrollado en los laboratorios de procesamiento, química y bromatología de la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Estatal Amazónica, localizada en el km 2 ½ vía Puyo a Tena (Paso lateral) en el cantón Pastaza, provincia de Pastaza, (**Figura 4**).



Figura 4: Área donde se efectuó el estudio.

Fuente: Captura de pantalla de Google maps.

El proceso de la producción de bioetanol se desarrolló en un clima templado 19°C, promedio de 21,3°C y máxima de 27°C, punto de rocío de 21°C, humedad relativa de 74%, presión atmosférica de 1018 hPa (Olmedo Morán y Bracero Lara, 2016).

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de Investigación aplicada fue la descriptiva, experimental y cuantitativa que contempla la utilización de tres tipos de sustratos para la obtención de bioetanol.

3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Los métodos utilizados en la presente investigación fueron; el método descriptivo que lleva una serie de cuestiones, concepto o variables con el fin de describirlas y buscar las propiedades importantes de una persona, grupo, comunidad o cualquier otro fenómeno. El método experimental que consiste en la observación del objeto de estudio en condiciones estrechamente vigiladas, con la finalidad de comprobar, demostrar o reproducir ciertos fenómenos, hechos o principios en base a resultados que permitan verificar los hechos concretos en la realidad. El método cuantitativo se basa en la realidad social frente a una situación que se piensa que las ideas, creencias y emociones culturales de un grupo o persona influye de algún modo sobre la investigación (Martínez Ruiz, 2012).

3.4 SELECCIÓN DE LOS SUSTRATOS COMO FUENTE DE CARBOHIDRATOS

La selección de los sustratos se realizó mediante un análisis documental, se revisó la página del INEC (2018), en la opción de Estadísticas Agropecuarias, se indago en la etiqueta de encuestas de superficie y producción agropecuaria continua ESPAC 2018; y se descargó la base de datos en formato Excel en la cual, se realizó una revisión de los productos agropecuarios que genera la provincia de Pastaza. Mediante la revisión de artículos científicos se investigó la cantidad de sustratos producidos en la industrialización y la cantidad de desperdicio reportados en los mercados y centro de acopio. Posteriormente se relacionaron los datos bibliográficos con los datos reportados por el INEC (2018) y se estimó la cantidad que se producen en la provincia de Pastaza de acuerdo a la siguiente formula:

$$\text{Estimación de la cantidad de sustrato} = \left[\frac{A * (B)}{100\%} * \frac{C}{1000Tm} \right] = ABC Tm$$

DATOS

A: Producción Total Agrícola (Tm) Pastaza

Nota: Por cada tonelada de caña se obtiene 50kg de cachaza.

B: Destino de la Producción Industrial de Interés (%)

C: Cantidad de Sustrato generado por Kg o L

CANTIDAD DE CARBOHIDRATOS

Mediante la revisión bibliográfica de los sustratos seleccionados, se registró la cantidad y tipo de carbohidratos que poseen;

La yuca es una planta que contiene homopolímero que presenta 99% de amilosa y amilopectina y otros lípidos que la constituyen, explicando el comportamiento de los almidones. La amilosa es un polímero lineal que forma la glucosa, unido por cadenas beta [1-4]. La amilopectina es un polímero ramificado de D-glucosa unidos por cadenas beta [1-4] y beta [1-6], que la compone 100.000 moléculas de glucosa. Los glucosidos linamarina y lotaustralina se hidrolizan mediante enzimas linamarasa dado origen a la glucosa ciahidrina (Rojas Rivera, 2012).

El suero de leche se compone principal mente de lactosa y sales minerales, la latosa es un disacárido que se encuentra en humano y animales de forma natural, que constituye de dos monosacáridos; D-glucosa y D-galactosa enlazados por cadenas de beta-glicosídico de la galactosa y la glucosa. La actosa es un azúcar reductor por que posee el hidroxilo hemiacetalico que permite la rección de Benedict (Parra Huertas, 2009).

La cachaza contiene específicamente disacáridos, polisacáridos sacarosa y azucars insolubles de origen estructural celulosa, hemicelulosa y lignina, que pueden ser fermentables para la obtención de bioetanol, así como estudios que indiquen el uso de estos, ya que algunos necesitan un pretratamiento para desnaturalizarlos y se trasformen en azucars simple (Gálvez y col., 2000).

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño experimental conforma el proceso selección de la materia prima la obtención de bioetanol mediante la fermentación anaerobia, utilizando la destilación simple y la

cuantificación de los grados alcohólicos aplicando la curva de calibración polinómica de grado cuatro.

SUSTRATO YUCA

Los tres tratamientos del sustrato de yuca se realizaron un pretratamiento térmico por 15 min a una temperatura de 45°C, se esperó para que la temperatura descendiera hasta los 15°C, luego se colocó la enzima (Granozyme Afungal 2500), se dejó reposar el sustrato para que se enfrié, posteriormente se instaló el coctel microbiológico y se envaso en los fermentadores PET.

Tabla 3: Formulación de tratamiento de sustrato yuca.

No.	Trat	Solvente		Solutos					
		H ₂ O (ml)	%	Almidón (gr)	%	Coctel Microbiológico(gr)	%	Enzima (gr)	%
1	T1	500	81,95	100	16,39	10	1,64	0,1	0,0164
2	T2	550	79,13	125	17,98	20	2,88	0,1	0,0144
3	T3	600	76,91	150	19,23	30	3,85	0,1	0,0128

Fuente: Elaboración Propia.

SUSTRATO SUERO DE LECHE

Se aplicó un pretratamiento térmico por 15 min a temperatura de ebullición para que la caseína y otros compuestos se precipiten, luego se dejó que se enfrié para inocular el coctel microbiológico, luego se envaso en los fermentadores PET.

Tabla 4: Formulación de tratamiento de sustrato suero de leche.

No.	Trat	Solvente		Solutos			
		H ₂ O (ml)	%	Almidón (gr)	%	Coctel Microbiológico(gr)	%
1	T4	250	49,02	250	49,02	10	1,96
2	T5	350	67,31	150	28,85	20	3,85
3	T6	150	28,30	350	66,04	30	5,66

Fuente: El autor

SUSTRATO CACHAZA

Al sustrato de cachaza no se aplicó ningún tratamiento previo, simplemente se homogenizo la solución y previo se inoculo el coctel microbiológico posteriormente se envaso en los fermentadores PET.

Tabla 5: Formulación de tratamiento de sustrato cachaza.

No.	Trat	Solvente		Soluto			
		H ₂ O (ml)	%	Almidón (gr)	%	Coctel Microbiológico(gr)	%
1	T7	500	81,97	100	16,39	10	1,64
2	T8	500	74,63	150	22,39	20	2,99
3	T9	750	72,82	250	24,27	30	2,91

Fuente: El autor

Se etiquetaron los envases con los respectivos códigos, para diferenciarlos, y se selló para que comience el proceso de fermentación, transcurrido las 24 horas se realizaron los análisis físico-químico para cuantificar el pH y el Brix, por un lapso de cuatro días. Se obtuvo bioetanol mediante una destilación simple, utilizando como guía la normativa NTE-340 INEN (2016) a una temperatura de 76-78°C por tres horas.

3.6 OBTENCIÓN DEL BIOETANOL POR FERMENTACIÓN DISCONTINUA

La obtención de bioetanol consistió en la utilización de un sistema cerrado para la fermentación anaerobio de los sustratos utilizando un coctel microbiológico. El fermentador utilizado fue en envases de PET (plástico de tereftalato de polietileno) de dos litros, con un total de nueve tratamientos, durante 4 días a temperatura ambiente (21 – 25°C).

Los parámetros que se controlaron durante la fermentación fueron los °Brix, utilizando un refractómetro profesional HSR-500 de marca ATAGO y pH utilizando el equipo Thermo Scientific pH de la marca ORION ESTAR A211, utilizando como guía la Normativa NTE-273 INEN (1990) y NTE-1087 INEN (1983) respectivamente. Los datos medidos se

registraron en hojas de control diario y se tabularon en gráficas para su posterior interpretación.

3.7 CUANTIFICACIÓN DEL BIOETANOL Y GRADO ALCOHOLICO

Cantidad de bioetanol en función del volumen obtenido de los sustratos

La cantidad de bioetanol se midió una vez que el mosto de los sustratos fue destilado y con el uso de una probeta de vidrio de 10 ml, colocada al final de vástago del equipo se recogió el destilado. En la medición de los grados Gay Lussac se utilizó un refractómetro de Abbe calibrado a 20°C, colocando una gota de bioetanol destilado, para cuantificar en grados brix y luego se realizó la conversión mediante la curva de calibración polinómica de grado cuatro, obteniendo los grados alcohólicos.

Elaboración de la curva de calibración polinómica de grado cuatro para la medición del grado alcohólico °GL

La elaboración de la curva de calibración polinómica de grado cuatro se realizó empleando disoluciones de agua/etanol en concentraciones variables aplicando la siguiente ecuación:

DATOS:

C_i: Concentración inicial

C_f: Concentración final

V_i: Volumen inicial

V_f: Volumen final

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f \quad (1)$$

$$V_i = \frac{C_f \times V_f}{C_i} \quad (2)$$

La tabla de calibración, se elaboró con la ayuda del refractómetro (HSR-500) Abbe calibrado a 20°C, donde se midió las muestras de soluciones realizadas en diferentes concentraciones de etanol. Las disoluciones se formularon con un etanol industrial al 95°GL y agua destilada,

la concentración de la solución vario desde el 1% de concentración de etanol hasta el 90% de concentración de etanol.

EXTRAPOLACION DE LOS GRADOS BRIX Y GRADO ALCOHOLICO

Los datos obtenidos de las disoluciones en °Brix se tabularon en un programa de Excel, se obtuvo los °Brix de las disoluciones, la concentración de las disoluciones, se extrapolaron los datos utilizando la línea de tendencia polinómica de grado cuatro, se analizó el rango de error que tenía la tabla mediante la fórmula de extrapolación polinómica:

DATOS

y: Distancia

x: Dominio

m: Pendiente

b: Intercepción

$$y = mx + b \quad (3)$$

$$y = 0,0032X^4 - 0,0972X^3 + 0,9486X^2 - 0,2184X + 2,7344 \quad (4)$$

Medición de los grados °Gay Lussac del etanol obtenido de los sustratos.

La medición de los grados Gay Lussac de las muestras en estudio se realizó utilizando una curva de calibración polinómica de grado cuatro. Como referencia se utilizó un refractómetro (HSR-500) de Abbe (**Figura 18**), el valor que resulta de la medición del etanol en el refractómetro obtenido de la destilación de los sustratos, luego se compara el valor en °Brix comparando en la tabla de calibración polinómica. El grado alcohólico restante del valor de la tabla será el porcentaje alcohólico de la muestra de etanol, tendrá un rango de error de (-1,75/8,1) se restará o sumará los valores que indica la tabla de calibración polinómica.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS

4.1 SUSTRATOS COMO FUENTE DE CARBOHIDRATOS

Los sustratos seleccionados para la producción de etanol, fueron la cachaza de la caña de azúcar, el suero de leche y la yuca por la elevada cantidad de residuos que generan como se observa en la (Tabla 6).

Tabla 6: Producción materia prima, cantidad estimada de residuos y contenido de carbohidratos.

	Cantidad de residuo estimado (t/l)	Carbohidratos 100gr	Cantidad de Carbohidratos disponibles (t/l)
Cachaza de caña de azúcar	140,67	14,00	19,7
Yuca	1.486,30	86,9	208,1
Suero de Leche	2.616,21	4,60	366,27

Fuente: INEC (2018)

Yuca

El INEC (2018), reporta que la producción de yuca en Pastaza es de 11,49 TM por año, la misma que es destinada para el consumo doméstico en las comunidades (1,52%), producción de almidón y otros fines (43,29%), el residuo que genera la yuca es de 1486,3 TM que corresponde a (12,94%), Aguilar Rivera, Rodríguez Lagunes, y Castillo Morán (2010) indican que la yuca tiene 14 gr de carbohidratos por cada 100 gr, siendo de esta manera un sustrato alternativo para utilizarlo en la producción de alcohol, (Tabla 6).

Suero de leche

El INEC (2018), reporta que la producción de leche en Pastaza es de 6,96 MT por año, la misma que se destina el (60%) para leche cruda, el (40%) para producción de queso. Las micro empresas queseras generan suero de leche que corresponde al (9%) según los datos

tabulados de la producción de Pastaza, la FAO. (2016) indica que la leche tiene 4gr de carbohidrato por cada 100gr, siendo esta otra fuente de sustrato para obtener etanol, **Tabla 6**.

Cachaza (caña de azúcar)

Según el INEC (2018), reporta que la producción de caña de azúcar en Pastaza es de 12,23 MT por año, la misma que es destinada para diferentes fines como producción de etanol el 30%, la panela 40%, otros 30%, la micro empresas paneleras o trapiches que generan residuo la misma que concierne 140,67 MT corresponde 1,15% de cachaza y el bagazo 42,%, según Aguilar Rivera y col. (2010) indican que la cachaza tiene 14gr de carbohidrato por cada 100gr, siendo una fuente de sustrato para utilizar en la producción de etanol, **Tabla 6**.

4.2 OBTENCIÓN DE BIOETANOL

Durante el proceso de fermentación anaerobia en condiciones ambientales y utilizando un coctel microbiológico (hongos tibetanos) en los sustratos mencionados (yuca, cachaza y suero de leche), se midieron en un lapso de cuatro días los valores de pH y Brix de las unidades experimentales que están representados en las siguientes Tablas:

Tabla 7: Medición de pH y Brix del sustrato yuca.

<i>Tratamiento</i>	DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4	
	pH	°Brix	pH	°Brix	pH	°Brix	pH	°Brix
T1	6,8	1	6,6	1	3,65	1	3,74	1
T2	6,9	1	6,7	1	3,7	1	3,75	1
T3	6,8	1	6,75	1	3,72	1	3,76	1

Fuente: El autor.

En la (**Tabla 7**) se representa los resultados de los tratamientos a base de yuca, el comportamiento del pH como se observa disminuye en los tres tratamientos con respecto al tiempo de fermentación a valores de pH 3,7; mientras que los grados Brix se mantienen con los valores iniciales de °Brix 1. En un estudio realizado para el mismo sustrato indica que

cuando el Brix disminuye el pH aumenta llegando a valores de Brix de 2,5 y el pH 0,35 con respecto al tiempo (96 horas) de fermentación (Arévalo Moncayo, 2011).

Tabla 8: Medición de pH y Brix del sustrato suero.

<i>Tratamiento</i>	DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4	
	pH	°Brix	pH	°Brix	pH	°Brix	pH	°Brix
T4	6,75	6,7	6,55	6,5	3,94	5	3,78	5
T5	6,88	2	6,49	1,5	3,88	1,2	3,91	2
T6	6,75	5	6,45	4	4,09	4	4,05	4

Fuente: El autor.

En la (**Tabla 8**) se representa los resultados de los tratamientos a base de suero de leche, se observa el comportamiento de los grados Brix y pH del sustrato de suero de leche, en el T4 , T5, T6 la acción del pH se relaciona con el consumo de azúcar del coctel microbiológico, donde la conducta es estable en los tratamientos, en las 48 hora de fermentación, siguiendo el proceso cambia el comportamiento en el T6 del Brix, donde no hay cambio manteniendo hasta finalizar el proceso mientras que el pH disminuye normal mente, realizando una comparación de otros estudios similares según Choque Clemente, Calle Ayaviri, Arandia Mostacedo, y Torrico Cruz (2017) el comportamiento del Brix y pH van de la mano, si el Brix disminuye igual manera el pH baja, en un ritmo constate.

Tabla 9: Medición de pH y Brix del sustrato cachaza.

<i>Tratamiento</i>	DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4	
	pH	°Brix	pH	°Brix	pH	°Brix	pH	°Brix
T7	6,4	3	6,33	3	3,46	3	3,4	2,5
T8	6,37	4	6,22	3,5	3,54	3	3,46	3
T9	5	5	5,9	4,5	3,47	4	3,4	4

Fuente: El autor.

En la (Tabla 9) se representa los resultados de los tratamientos a base de cachaza, se observa el comportamiento de los grados Brix y pH del sustrato de cachaza de la caña de azúcar, en los tratamientos T8, T9 un comportamiento normal en cuanto al T8 los Brix se mantiene hasta el tercer día y en el cuarto día desciende el Brix en cuanto a pH el comportamiento del T7,T8 varia normal mente en cuanto al tratamiento T9 asciende y se nivela en el tercer día en el cuarto día los pH desciende favorablemente entre los tres tratamiento, realizando una comparación bibliográfica el Brix y el pH, disminuye rápidamente mientras que el pH baja en menor proporción manteniéndose en un rango de 4,8-4,2 hasta las 76 horas según estudio realizados por Tulcán, Karina, Rosero, y Carlos (2011).

4.2.1 GRADO ALCOHÓLICO DEL BIOETANOL

Una vez concluido el tiempo de fermentación, se valoró el grado alcohólico de la muestra destilada, en función de la Curva de calibración polinómica de grado cuatro que relaciona los grados Gay Lussac y los ° Brix como se muestra en la Figura 12.

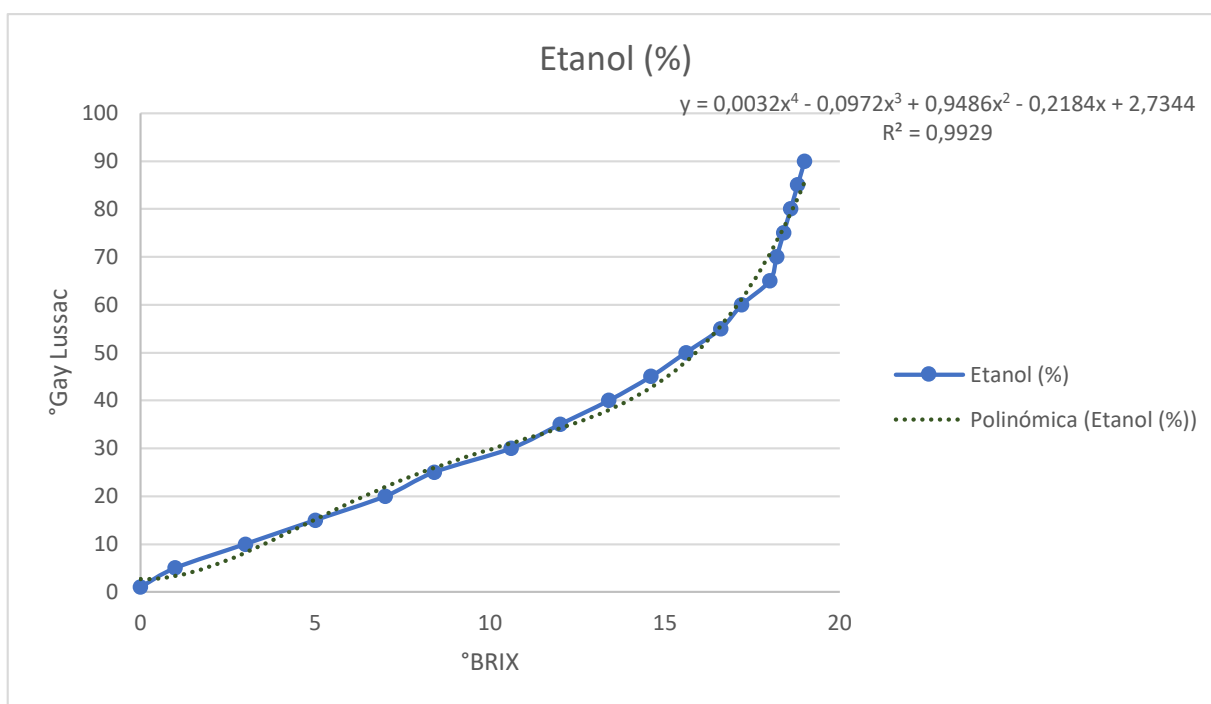


Figura 5: Curva de calibración polinómica de grado cuatro la tabla de etanol/agua para medir °Gay Lussac en referencia a los °Brix con un refractómetro (HSR-500).

Fuente: El autor.

Aplicando la fórmula de Amedo Avogadro se obtuvieron los datos para preparar la disolución agua/etanol en concentraciones como se presenta en la **Tabla 13**, extrapolando con la ecuación polinómica de grado cuatro (4) y calculando con la fórmula (2).

4.2.2 GRADO ALCOHÓLICO DEL BIOETANOL DESTILADO

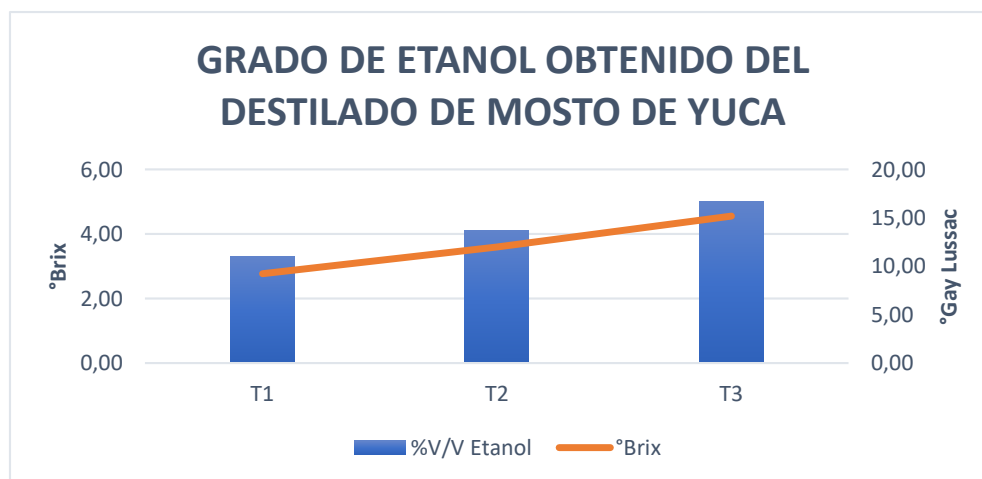


Figura 6: Grado obtenido °Gay Lussac en la destilación del mosto de yuca.

Fuente: El autor.

En la **Figura 6** se representa el contenido de °Brix del etanol obtenido del sustrato de yuca, relacionando los grados Brix vs %V/V Etanol, dando así el T1 (16,67% yuca) valores de 3,3°Brix y 9,23°GL; el T2 (18,52% yuca) tiene 4,1°Brix aplicando la curva de calibración tiene 11,99°GL y el T3 (20% yuca) tiene 5°Brix en consecuencia el valor es 15,21°GL. Considerando el grado alcohólico el T3 tiene el valor más alto, lo que demuestra mayor pureza del alcohol, según Mercado, Peláez, Atehortúa Garcés, Acosta Cárdenas, y Mejía Gómez (2014) reporta que se obtiene 14,7% (v/v) de sustrato concentrado de yuca.

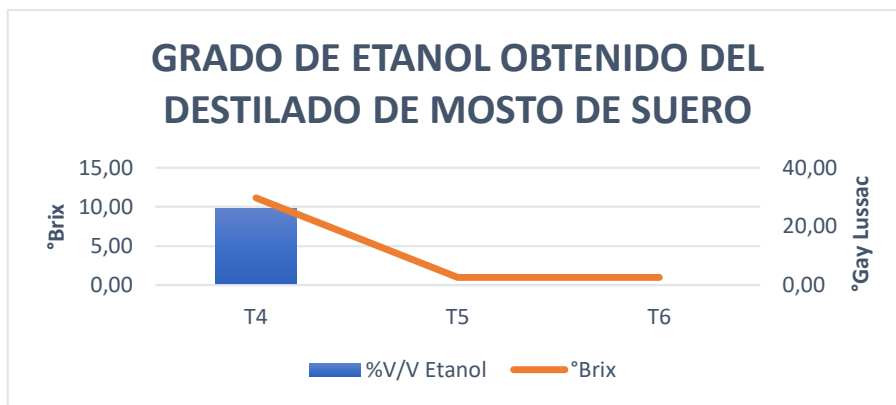


Figura 7: Grado obtenido °Gay Lussac en la destilación del mosto de Suero.

Fuente: El autor.

El grado alcohólico basado en los grados Brix, indica que el T4 (50% suero) es de 29,73°GL, mientras que, el T5 (30% suero) y T6 (70% suero) tiene 2,74°GL de acuerdo a la curva de calibración polinómica de grado cuatro (Ver Tabla 13), según Betancor, Quintero, y Trujillo (2018) reporta que del suero se obtiene 20% (v/v) utilizando levaduras *Saccharomyces cerevisiae* por presentar un alta capacidad de fermentación.

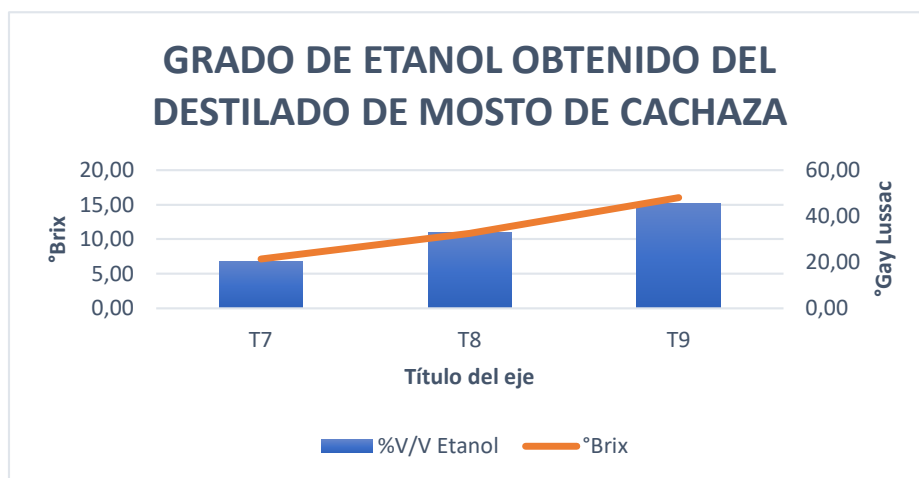


Figura 8: Grado obtenido °Gay Lussac en la destilación del mosto de cachaza.

Fuente: El autor.

El grado alcohólico del T7(16,67% cachaza) presenta un valor de 6,8 °Brix que se traducen a 21,39°GL, el T8 (23,08% cachaza) con 11°Brix tiene 32,59°GL y el T9 (25% cachaza) que muestra un valor de 15,2°Brix y por consiguiente un grado alcohólico de 48,05°GL tiene mayor concentración de etanol, según Asquieri, de Assis, y Serra (2003) reporta que la cachaza se obtiene 68-70% (v/v) bioetanol.

4.2.3 VOLUMEN DE BIOETANOL OBTENIDO

La cantidad destilada se realizó comparando los resultados obtenidos de otras investigaciones bibliográficas del mismo sustrato, valores que se muestran a continuación:

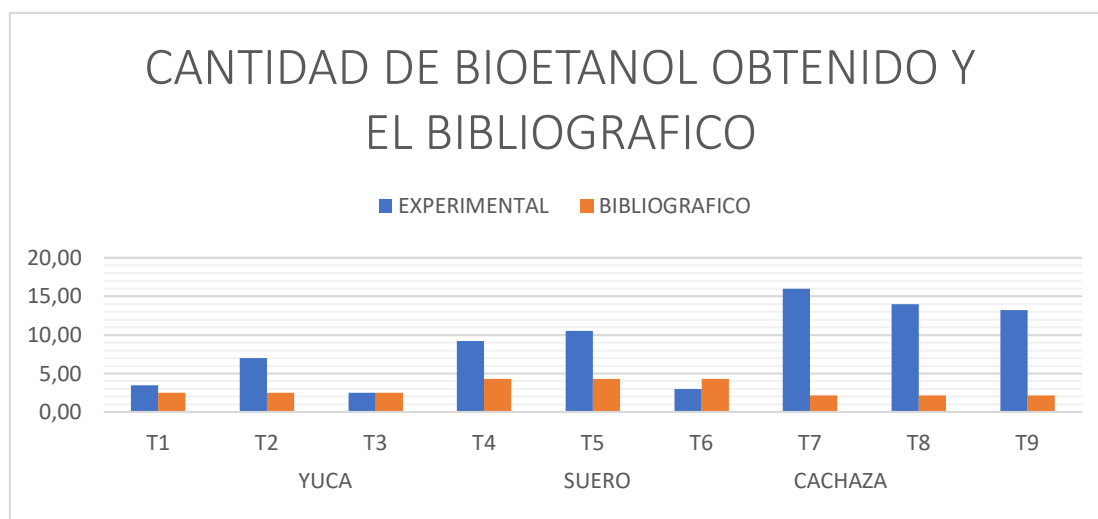


Figura 9: Cantidad en porcentaje de bioetanol obtenido en el destilado, en comparación del volumen bibliográfico.

Fuente: El autor.

En la **Figura 9** se representa la cantidad de etanol obtenido experimentalmente comparado valores bibliográficos; y se observa la cantidad de 3,5ml para el T1 (16,67% almidón de yuca) y de 2,5ml para el T3 (29% almidón de yuca) son inferiores la cantidad reportado por Castano Peláez, Mejia Gómez, Acosta Cardenas, y Cardona (2011) es 2,5ml y de 7ml para el T2 (18,52% almidón de yuca) está por encima de la cantidad mencionados anterior mente.

Se observa que la cantidad es 9,2ml para el T4 (50% suero de leche), y 10,5ml para el T5 (30% suero de leche), y 3ml para el T6 (suero de leche) que están por debajo de la cantidad reportado por Araujo y col. (2015), que es 4,32% del destilado suero.

La cantidad de la cachaza que reporta Tulcán y col. (2011) que es 2,13ml, el 16ml para el T7 (16,67% cachaza de caña), 14ml para el T8 (23,08% cachaza de caña) y 13,2ml para el T9 (25% cachaza de caña), realizando una comparación entre los tres sustratos destilados, la que tiene mayor cantidad de todos es la cachaza, que supera la cantidad reportado por Tulcán y col. (2011).

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La selección de los sustratos se realizó mediante datos tomados de la base del INEC (2018), se consideró la composición de los residuos agroindustriales generados por micro empresas de la Provincia de Pastaza, siendo la cachaza de paneleras y el suero de leche como un subproducto. La yuca también se consideró por contener carbohidratos y debido a que se encuentra en mayor cantidad.

Se obtuvo bioetanol a partir del almidón de yuca, cachaza de caña y suero de leche y la actividad microbiológica de los tóxicos, siendo el T7 (16,67% cachaza) con 16ml, T8 (23,08% cachaza) con 14ml y el T9 (25% cachaza) con 13,3ml los experimentos que presentaron los volúmenes más altos, debido a que el sustrato cachaza de caña posee mayor contenido de sacarosa (10 -14%) comparado con el suero de leche y almidón de yuca que están compuestos por azúcares reductores y polímeros más complejos respectivamente.

El grado alcohólico con respecto al experimento T9 (25% cachaza) presentó un valor de 48,05°GL, seguido del tratamiento T8 (23,08% cachaza) con 32,59°GL y finalmente el T4 (50% suero de leche) que obtuvo 29,73°GL, debido a que los azúcares presentes en los sustratos mencionados fueron hidrolizados eficientemente por el coctel microbiológico. Los tratamientos que muestran altos valores en volumen de extracción son el T7(16,67% cachaza) y T8 (23,08% cachaza).

5.2 RECOMENDACIONES

Realizar un pretratamiento térmico para que los microorganismos patógenos o ajenos sean eliminados y el coctel microbiológico actúe en la metabolización de los azúcares a bioetanol.

Verificar que las muestras a destilar no sean azeotrópicas y obtener mayor pureza en grado alcohólico, caso contrario utilizar la destilación fraccionada.

Controlar la temperatura de destilación de etanol (76 – 78 °C) y el tiempo de fermentación se recomienda que sea mayor a 7 días.

CAPÍTULO VI

6 BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Rivera, N., Rodríguez Lagunes, D., y Castillo Morán, A. (2010). Azúcar, coproductos y subproductos en la diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar. *VirtualPro Procesos Industriales*, 29.
- Araujo, K., Romero, A., Chirinos, P., Paéz, G., Mármol, Z., y Rincón, M. (2015). Producción de etanol a partir de suero de leche en cultivo por lote alimentado con ciclos repetidos. *Interciencia*, 40(5), 305-310.
- Arévalo Moncayo, A. M. (2011). *Uso del almidón de yuca para la obtención de alcohol etílico*. (Obtención del Título de Ingeniera en Alimentos), UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato-Ecuador. Retrieved from <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3212/1/P.AL243%20.pdf>
- Asquieri, E. R., de Assis, E. M., y Serra, G. E. (2003). Aprovechamiento del subproducto de la caña de azúcar (cachaza) y la recuperación de ceras y sacarosa. *DialnetPlus*(341), 103-110.
- Betancor, R., Quintero, A., y Trujillo, A. (2018). Producción de etanol a partir de suero concentrado de queso utilizando la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. *Científica UNET*, 30, 267-273.
- Blanco López, J. (2017). *I Informe sobre la propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (refundición) (COM(2016)0767 – C8-0500/2016 – 2016/0382(COD)) (A8-0392/2017)*. Retrieved from Europarl: http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2017-0392_ES.pdf
- Carvalho Junior, A. M., Maciel Ramundo, J. C., Siqueira Cavalnti, C. E., Faveret Filho, P. S. C., Pfefer, N. S., Silveira da Rosa, S. E., . . . Khaled Poppe, M. (2008). *Bioetanol de caña de azúcar: energía para el desarrollo sostenible* (R. d. Janeiro., BNDES., & CGEE. Eds. Vol. q). Hub Energetico: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).
- Castano Peláez, I., Mejía Gómez, C. E., Acosta Cardenas, A., y Cardona, M. D. (2011). Producción de etanol a partir de harina de yuca en un sistema de hidrólisis enzimática y fermentación simultánea. *UNAL*, 78.

- Castro Armijos, C. J., Prado Carpio, E., Paladines Romero, J. R., y Cervantes Álava, A. (2017). Factores Que Afectan Al Cultivo De Caña De Azúcar Para Producción De Bioetanol En Ecuador. *European Scientific Journal*, 13, 24. doi:10.19044/esj.2017.v13n24p58
- Chao Mujica, F. J. (2013). Método teórico para la predicción del índice de refracción en refractometría. *Redalyc*, 18.
- Choque Clemente, L. A., Calle Ayaviri, J. G., Arandia Mostacedo, W. Y., y Torrico Cruz, C. M. (2017). *Obtención de alcohol etílico a partir de suero de leche*. (Ponencia), Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Retrieved from http://procesos.tecnologia.usfx.bo/wp-content/uploads/2018/04/DEFENSA_DICYT.pdf
- Echeverría Herrera, L. A., y Padilla Reboloso, O. N. (2014). *PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS MICROORGANISMOS DEL KÉFIR*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Repositorio de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Retrieved from <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/489/62113s.pdf?sequence=1>
- Espinosa Díaz, M. E. (2017). *Obtención de bioetanol a partir de malanga por medio de hidrólisis y fermentación de azúcares*. Universidad Central del Ecuador, Repositorio de Universidad Central del Ecuador. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9777/1/T-UCE-0017-006-2017.pdf>
- FAO. (2016). *Definición composición, estructura y propiedades de la leche* (301105). Retrieved from Colombia:
- Gallardo, T., y Saúl, R. (2018). *Soberanía alimentaria y la producción de monocultivos para biocombustibles en el subtropico de la provincia de Cotopaxi en el Periodo 2013-2016*. Quito: UCE,
- Manual de los derivados de la caña de azúcar, (2000).
- García Garrido, S. (2014). *Centrales termoeléctricas de biomasa*: Renovetec.
- Gómez, A. A., y Bello Pérez, A. L. (2018). Materias primas usadas para la producción de etanol de cuatro generaciones: retos y oportunidades %J *Agrociencia*. *Scielo*, 52, 967-990.
- González Sánchez, M. E., Pérez Fabiel, S., Wong Villarreal, A., Bello Mendoza, R., y Yañez Ocampo, G. (2015). Residuos agroindustriales con potencial para la producción de

- metano mediante la digestión anaerobia. *Revista Argentina de Microbiología*, 47(3), 229-235. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ram.2015.05.003>
- INEC. (2018). Tabulados de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2018 (Base de Datos). from Ecuador en Cifras https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2018/Tabulados%20ESPAC%202018.xlsx
- Malagón Micán, M. L., Garay Hernández, C. A., y Peña Peña, N. (2017). Obtención de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos. *Redalyc*.
- Martínez Ruiz, H. (2012). *Metodología de la investigación* (P. M. Guerrero Rosas & G. L. Olguin Sarmiento Eds. Primera Edición ed.): CENGAGE Learning.
- Mercado, M. B., Peláez, H. I., Atehortúa Garcés, L., Acosta Cárdenas, A., y Mejía Gómez, C. E. (2014). Producción de etanol a partir de yuca en condiciones de alta concentración de sólidos (VHG). *UNAL*, 16(1), 163-170.
- Monroy Aragón, A. R. A., Lechón Carvajal, G. P., y Mejía Romo, D. L. (2015). Evaluación del Kéfir de agua (tibicos) en sustratos de melaza y panela para la producción de etanol. 03, 09.
- NTE-273 INEN. (1990). *Melazas determinación de la densidad de grados brix*. Retrieved from Instituto Ecuatorino de Normalización: <https://181.112.149.204/buzon/normas/273.pdf>
- NTE-340 INEN. (2016). *Bebidas alcohólicas determinación del contenido de alcohol etílico. Metodo del alcoholímetro de vidrio*. Retrieved from Instituto Ecuatorino de Normalización: https://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_340-2.pdf
- NTE-1087 INEN. (1983). *Bebidas gaseosas determinación del pH*. Retrieved from Instituto Ecuatorino de Normalización: <https://181.112.149.204/buzon/normas/1087.pdf>
- Olmedo Morán, J., y Bracero Lara, P. (2016). *Boletín Climatológico Semestral 2016*. Retrieved from Servicio Meteorológico: http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_sem.pdf
- Ospina, B. (2002). *La yuca en el tercer Milenio: Sistemas Modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (Vol. 327): CIAT.
- Parra Huertas, R. A. (2009). Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Scielo*, 62(1), 4967-4982.
- Paucar Barreno, C. A. (2016). *Caracterización de una bebida nutritiva y biomasa para alimentación animal mediante fermentación sumergida con microorganismos*

- tibetanos. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Retrieved from <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/6295>
- Ramírez Bayas, S. G. (2012). *Aprovechamiento de residuos Agroindustriales, cascarilla de arroz (Oriza sativa) y residuos de papa (Solanum tuberosum) para la producción de Trichoderma spp.* Universidad Técnica de Ambato, Retrieved from <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3063>
- Rojas Rivera, M. A. (2012). *Estudio de las características fisicoquímicas de la yuca (manihot esculenta crantz) y sus efectos en la calidad de hojuelas fritas para su procesamiento en la empresa pronal sa.* Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Tecnología Química,
- Manual de prácticas de laboratorio. Tecnología de Fermentaciones Alimentarias, 01 C.F.R. (2013).
- Sibri, L., y Maribel, A. (2018). *Comparación del rendimiento y calidad de bioetanol obtenido a partir de la biomasa lignocelulósica de los pseudotallos de banano.* Universidad Politécnica Salesiana,
- Smith, J. E. (2006). *Bioteología*: Acribia.
- Tulcán, C., Karina, J., Rosero, T., y Carlos, J. (2011). *Obtención de alcohol a partir de jugo de caña, cachaza y melaza, mediante la incorporación de dos niveles de fermento (saccharomyces cerevisiae).* Universidad Técnica del Norte, Retrieved from <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/746>
- Ulloa, M., y Herrera, T. (1981). ESTUDIO DE PICHIA MEMBRANAEFACIENS Y SACCHAROMYCES. *Scientia Fungo Rum.*
doi:<https://doi.org/10.33885/sf.1981.2.538>
- Vargas Corredor, Y. A., y Pérez Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Facultad de Ciencias Básicas UMNG, 14*(Neogranadina), 59-72. doi:<https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>
- Viñal Verde, M., Bell García, A., Michelena Álvarez, G., y Ramill Mesa, M. (2012). Obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica. *Redalyc, 46*, 11.

7 ANEXOS

ANEXO A: Composición química de sustratos.

Tabla 10: Composición de carbohidratos del suero.

COMPOSICIÓN DEL SUERO (100gr)	
PROPIEDAD	SUERO DULCE
pH	6,4-6,6
Materia seca	69
Lactosa	51
Proteína	7
Carbohidrato	4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11: Composición de carbohidratos de la cachaza.

COMPOSICIÓN DE LA CACHAZA (100gr)	
PROPIEDAD	CACHAZA
pH	7,22
Materia orgánica	64,3
Sacarosa y ART	14
Proteína cruda	16
ácido glutámico	3,7

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12: Composición de carbohidratos de la yuca.

COMPOSICIÓN DE LA YUCA (100gr)	
PROPIEDAD	YUCA
Agua	59,6
Grasa	0,28
Proteína	1,36
Sodio	14
Carbohidratos	38,05
Fibra	1,8

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO B: Datos de la formulación del solvente y soluto para los sustratos a fermentar.

Tabla 13: Formulación del sustrato de yuca.

YUCA									
FORMULACION DE LOS TRATAMIENTOS									
No.	Tratamiento	Solvente		Soluto					
		H2O (ml)	%	Almidon (gr)	%	Coctel Microbiologico (gr)	%	Enzima (gr)	%
1	T1	500	83,33	100	16,67	10	1,67	0,1	0,0167
2	T2	550	81,48	125	18,52	20	2,96	0,1	0,0148
3	T3	600	80,00	150	20,00	30	4,00	0,1	0,0133

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14: Formulación del sustrato de suero de leche.

SUERO (leche)							
FORMULACION DE LOS TRATAMIENTOS							
No.	Tratamiento	Solvente		Soluto			
		H2O (ml)	%	Suero (ml)	%	Coctel Microbiologico (gr)	%
1	T4	250	50,00	250	50,00	10	2,00
2	T5	350	70,00	150	30,00	20	4,00
3	T6	150	30,00	350	70,00	30	6,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Formulación de sustrato de la cachaza.

CACHAZA (caña de azúcar)							
FORMULACION DE LOS TRATAMIENTOS							
No.	Tratamiento	Solvente		Soluto			
		H2O (ml)	%	Cachaza (ml)	%	Coctel Microbiologico (gr)	%
1	T7	500	83,33	100	16,67	10	1,67
2	T8	500	76,92	150	23,08	20	3,08
3	T9	750	75,00	250	25,00	30	3,00

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO C: Datos de la curva de calibración polinómica brix/etanol.

Tabla 16: Tabla de medición de °Gay Lussac en referencia al ° Brix mediante un refractómetro.

TABLA PROBABLE DE %V/V ETANOL			
°Brix	Etanol (%)	Suma/Resta	Error
0	1	mas	1,7344
1	5	menos	-1,629
3	10	menos	-1,749
5	15	mas	0,2074
7	20	mas	2,0306
8,4	25	mas	1,1541
10,6	30	mas	1,6366
12	35	mas	0,1056
13,4	40	menos	-0,561
14,6	45	menos	-0,351
15,6	50	mas	0,6841
16,6	55	mas	3,8702
17,2	60	mas	5,0828
18	65	mas	10,202
18,2	70	mas	8,1008
18,4	75	mas	6,1593
18,6	80	mas	4,3844
18,8	85	mas	2,783
19	90	mas	1,3618

Fuente: Elaboración propia

ANEXO D: Tabla de datos del rendimiento de la obtención de bioetanol.

Tabla 17: Rendimiento respecto al volumen perdido del volumen total en la destilación del etanol.

NO.	ENSAYOS	VOL/SOLUCIÓN TOTAL	DESTILACIÓN	MRVP %	RDSO	RDSB
1	T1	600,0	3,50	99,42	0,58	0,15
2	T2	600,0	7,00	98,83	1,17	0,15
3	T3	600,0	2,50	99,58	0,42	0,15
4	T4	500,0	9,20	98,16	1,84	0,15
5	T5	500,0	10,50	97,90	2,10	0,15
6	T6	500,0	3,00	99,40	0,60	0,15
7	T7	600,0	16,00	97,33	2,67	0,15
8	T8	650,0	14,00	97,85	2,15	0,15
9	T9	1000,0	13,20	98,68	1,32	0,15

Fuente: Elaboración propia.

RDSO: Rendimiento Destilación Simple Obtenida. **RDSB:** Rendimiento Destilación Simple Bibliográfico. **MRVP %:** Mosto Respecto al Volumen Perdido (%)

Tabla 18: Valores obtenidos de la destilación y los grados °Gay Lussac obtenidos.

Ensayo 3	°Brix	%V/V Etanol
Yuca 1	3,30	9,23
Yuca 2	4,10	11,99
Yuca 3	5,00	15,21
Suero 1	9,80	29,73
Suero 2	0,00	2,74
Suero 3	0,00	2,73
Cachaza 1	6,80	21,39
Cachaza 2	11,00	32,59
Cachaza 3	15,20	48,05

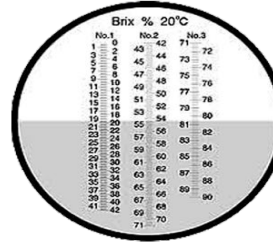
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO E: Datos del refractómetro utilizado.



REFRACTÓMETRO PROFECIONAL HSR-500

- Características:** (mediciones a 20°C)
- Rango de escala:** 0,0 a 90,0 %°Brix (3 etapas)
- Escala mínima:** 0,2 %
- Tamaño y peso:** 4x4x20cm, 600gr



DISPONE DE COMPENSACIÓN DE TEMPERATURA

TABLA PROBABLE DE %V/ ETANOL			
°Brix	Etanol (%)	Suma/Resta	Error
0	1	mas	7,24
1	5	mas	7,1
3	10	mas	3,82
5	15	mas	0,54
7	20	menos	2,74
8,4	25	menos	3,53
10,6	30	menos	7,64
12	35	menos	8,44
13,4	40	menos	9,24
14,6	45	menos	9,21
15,6	50	menos	9,35
16,6	55	menos	7,49
17,2	60	menos	4,97
18	65	menos	3,28
18,2	70	mas	0,89
18,4	75	mas	5,06
18,6	80	mas	9,23
18,8	85	mas	13,4
19	90	mas	17,58

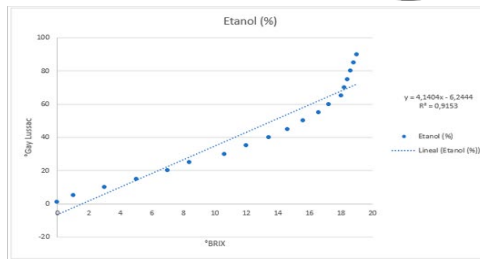


Figura 10: Equipo de refractómetro para medir los °Brix el contenido de azúcares en frutas y soluciones azucaradas.

Fuente: Elaboración Propia