



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

Proyecto de Investigación previo a la  
obtención del título de Ingeniero  
Agroindustrial

**Proyecto de Investigación**

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE UN  
BIOETANOL A PARTIR DE FRUTAS TROPICALES**

**Autor**

Cobeña Cedeño Gissela Rocio

**Director de Proyecto de Investigación**

José Vicente Villarroel Bastidas

**QUEVEDO – LOS RÍOS - ECUADOR**

**2017**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Cobeña Cedeño Gissela Rocio**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f.

**Cobeña Cedeño Gissela Rocio**

C.C. # 120598571-4



## **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

El suscrito, Ing. José Villarroel Bastidas, MSc. , Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante Gissela Rocio Cobeña Cedeño, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE UN BIOETANOL A PARTIR DE FRUTAS TROPICALES”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

Ing. José Villarroel Bastidas, MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



## CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

### COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL.

Mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de tesis cuyo tema es “**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE UN BIOETANOL A PARTIR DE FRUTAS TROPICALES**” Presentado por la señorita **COBEÑA CEDEÑO GISSELA ROCIO**, egresada de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del consejo directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de sesión extraordinaria toda vez que se ha desarrollado de acuerdo al reglamento general de graduación de pregrado de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de **URKUND** el cual avala los niveles originalidad en un 97% y similitud 3%, de trabajo investigativo.

URKUND	
<b>Dokument</b>	<a href="#">EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE UN BIOETANOL A PARTIR DE FRUTAS TROPICALES.docx</a> (D34069495)
<b>Inskickat</b>	2017-12-20 09:47 (-05:00)
<b>Inskickad av</b>	José Villarroel (jvillarroel@uteq.edu.ec)
<b>Mottagare</b>	jvillarroel.uteq@analysis.orkund.com
<b>Meddelande</b>	<a href="#">Visa hela meddelandet</a> 3% av det här c:a 34 sidor stora dokumentet består av text som också förekommer i 9 st källor.

Valido este documento para que el comité académico de la carrera siga con los trámites pertinentes, de acuerdo a lo que establece el reglamento de grados y títulos de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Por su atención deseo significar mis agradecimientos.

Cordialmente,

---

ING. JOSÉ VILLARROEL BASTIDAS; MSc.  
**DIRECTOR DE TESIS**

# CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD CIENCIAS DE  
LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACION**

## **Título:**

“Evaluación de las características físicas y químicas de un bioetanol a partir de frutas tropicales”

Presentado al Consejo Académico de Facultad Ciencias de la Ingeniería como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial.

Aprobado por:

---

Ing. MSc. Leonardo Baque Mite.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS

---

Ing. MSc. Andrea Cortez Espinoza.  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

---

Ing. MSc. Robert Moreira Macías.  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

## **AGRADECIMIENTO**

Principalmente quiero agradecer a Dios por haber guiado mis pasos y darme la bendición de tener a mis padres mis hermanos mi hijo mi esposo y mis amigos verme llegar a la meta.

Le agradezco a mis padres por ser siempre ellos los que me inculcaron y apoyaron a terminar mis estudios universitarios, los que me han ido formando día a día para que así llegue a culminar mis proyectos.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por ser la parte principal en el aprendizaje brindado por todos estos años, otorgándome las herramientas necesarias para esta nueva etapa profesional.

A mis amigos Kelvin, Adrián por haberme brindado su amistad y en especial a Adriana por ser mi apoyo en todos estos años y Alberto por su gran ayuda en el proceso de culminación de mi proyecto.

A mi tutor el ing. José Villarroel, que desde el inicio de mi camino universitario estuvo ahí para brindarme sus conocimientos, guiarme en el paso final de esta etapa y ofrecerme su amistad.

*Gissela Rocio Cobeña Cedeño*

## **DEDICATORIA**

Dedico este merito a mis padres, a mis hermanos, mi esposo; aquellos que siempre me han deseado lo mejor para mi vida y hoy se enorgullecen de verme finalizar esta etapa, y en especial a mi hijo del cual anhelo ser siempre un ejemplo a seguir.

*Gissela Rocio Cobeña Cedeño*

## RESUMEN

El objetivo de estudio del presente trabajo está enfocado en la obtención de bioetanol a partir de los desechos de tres frutas tropicales mediante la fermentación de levadura silvestre aplicando diferentes porcentajes de inoculación. Se Aplicó un Diseño experimental de bloques Completamente al Azar con arreglo factorial A x B donde factor A es igual a los tipos de frutas (Papaya, Guineo y Piña), mientras que factor B es igual a los tres niveles de levadura *Saccharomyces cerevisiae* (0%, 0,50% y 0,10%) con un total de 9 tratamientos y 2 repeticiones, los mismos que da un total de 18 unidades experimentales, El análisis de los datos se realizó en el programa de paquetes estadísticos STATGRAPHICS, se estableció las diferencias entre promedios de tratamientos de acuerdo a las características físico-químicas del bioetanol, y se comparó con la prueba de Tukey. para definir parámetros de calidad se realizaron diversos análisis como: ° Brix, pH ,turbidez, grados alcohólicos, acidez, densidad y calor específico; para la validación de la investigación se sometió a un análisis de poder de combustión entre una mezcla del 10% de etanol y 90% de gasolina. Los resultados obtenidos indican que la muestra (Papaya+ 0,05% de levadura), mostró mejores características químicas y físicas siendo el mejor tratamiento para la producción del bioetanol.

**Palabras claves:** Calor específico; Levadura silvestre; Densidad, Grados alcohólicos, poder de combustión; °Brix

## ABSTRAC

The objective of this study is focused on obtaining bioethanol from the waste of three tropical fruits through the fermentation of wild yeast applying different percentages of inoculation. An experimental design of Completely Random blocks was applied with factorial arrangement A x B where factor A is equal to the types of fruits (Papaya, Guineo and Pineapple), while factor B is equal to the three levels of yeast *Saccharomyces cerevisiae* (0 %, 0.50% and 0.10%) with a total of 9 treatments and 2 repetitions, which gives a total of 18 experimental units. The analysis of the data was carried out in the statistical package program STATGRAPHICS, it was established the differences between averages of treatments according to the physical-chemical characteristics of bioethanol, and compared with the Tukey test. To define quality parameters, various analyzes were performed such as: ° brix, pH, turbidity, alcoholic degrees, acidity, density and specific heat; for the validation of the investigation, it underwent a combustion power analysis between a mixture of 10% ethanol and 90% gasoline. The results obtained indicate that the sample (Papaya + 0.05% yeast), showed better chemical and physical characteristics being the best treatment for the production of bioethanol.

**Keywords:** Specific heat; wild yeast; Density, alcoholic, power combustion; ° bri

## Tabla de contenido

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRAC.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPITULO I

#### CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.3. Sistematización del problema.....	4
1.2. OBJETIVOS.....	4
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4. HIPÓTESIS.....	6
1.4.1. HIPOTESIS ALTERNATIVA.....	6

### CAPITULO II

#### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Teórico.....	8
2.1.1. Papaya.....	8
2.1.2. Propiedades de la papaya.....	9
2.1.3. Comercialización.....	9
2.1.4. Contenido de solidos solubles totales.....	10
2.1.5. Definición del banano.....	11
2.1.6. Componente nutricional del banano.....	11
2.1.7. Frutos climatéricos.....	12
2.1. Piña.....	13

2.1.10. Fermentación.....	14
2.1.11. Levadura.....	14
2.1.12. Producción de etanol por levaduras termotolerantes.....	15
2.1.13. Etanol como combustible vehicular.....	15
2.1.14. Dimensiones técnicas y ambientales del uso del etanol.....	16
2.1.15. Producción de bioetanol.....	17
2.1.16. Materias primas y tecnologías de producción del bioetanol.....	17
2.1.17. Bioetanol de caña de azúcar.....	18
2.1.18. Bioetanol de maíz.....	20
2.1.19. Una visión de futuro del bioetanol como combustible.....	21
2.1.20. Proceso de destilación fraccionada.....	23
2.1.21. Fermentación anaeróbica controlada.....	24
2.1.22. Proceso de fermentación no controlado.....	25
2.1.23. Fermentación anaeróbica no controlada.....	25
2.2. Principales referencias de la investigación.....	26
2.2.1. Producción en continuo de etanol a partir de banano de rechazo (cáscara y pulpa) empleando células inmovilizadas.....	26
2.2.2. “Obtención de una bebida alcohólica a partir de mucílago de cacao, mediante fermentación anaerobia en diferentes tiempos de inoculación”.....	26
2.2.3. Aprovechamiento de residuos agroindustriales como biocombustible y biorefinería.....	26
2.2.4. Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas.....	27
2.2.5. Bioetanol de caña de azúcar energía para el desarrollo sostenible.....	27
2.2.6. Colombia en la era del alcohol carburante.....	28
2.2.7. Bioetanol de caña de azúcar energía para el desarrollo sostenible.....	29
2.2.8. Caracterización ambiental de las vinazas de residuos de caña de azúcar resultantes de la producción de etanol.....	29

### CAPITULO III

#### METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.....	31
3.2. Tipos de investigación.....	31

3.3.	Métodos de investigación.....	32
3.4.	Fuentes de recopilación e información.....	33
3.5.	Diseño de la investigación.....	33
3.5.1.	Factores de estudio.....	33
3.5.2.	Tratamientos.....	34
3.5.3.	Variable de estudio.....	34
3.6.	Instrumentos de investigación.....	35
3.6.1.	Método para la obtención del bioetanol.....	35
3.6.2.	Análisis físicos-químicos.....	37
3.6.2.2.	Análisis físicos.....	38
3.6.3.	Diagrama de flujo en proceso de obtención de bioetanol.....	39
3.7.	Tratamientos de los datos.....	40
3.8.	Recursos Materiales.....	40
3.8.1.	Equipo y Materiales.....	40

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Resultados Obtenidos.....	42
4.1.1.	Resultados del análisis de varianza de las variables estudiadas.....	42
4.1.1.1.	Análisis de Varianza de °Brix.....	42
4.1.1.2.	Análisis de Varianza de pH.....	42
4.1.1.3.	Análisis de Varianza de turbidez.....	43
4.1.1.4.	Análisis de Varianza de °Alcoholicos.....	43
4.1.1.5.	Análisis de Varianza de acidez.....	44
4.1.1.6.	Análisis de Varianza de densidad.....	44
4.1.1.7.	Análisis de Varianza de calorimetría.....	45
4.1.2.	Resultados de la prueba de significación (Tukey p 0,05) con respecto a los factores de estudio para los análisis fisicoquímicos.....	45
4.1.2.1.	Resultados con respecto al factor A (Fruta) .....	45
4.1.2.2.	Resultados con respecto al factor B (% de levadura).....	48
4.1.2.3.	Resultados con respecto a la interacción AxB.....	51
4.1.3.	Balance de Materia al proceso de obtención de bioetanol.....	53
4.1.3.1.	Rendimiento.....	56
4.2.	Discusión.....	57

CAPITULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1. Conclusiones.....	62
CAPITULO VI	
BIBLIOGRAFÍA	
Bibliografía.....	65
CAPITULO VII	
ANEXOS.....	68

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla n° 1:</b> Factores de estudio que intervienen en la obtención de bioetanol .....	33
<b>Tabla n° 2:</b> descripción de tratamientos estudiados .....	34
<b>Tabla n° 3:</b> análisis de varianza para el ° Brix en el Bioetanol .....	42
<b>Tabla n° 4 :</b> análisis de varianza para el pH en el Bioetanol .....	42
<b>Tabla n° 5:</b> análisis de varianza para turbidez en el Bioetanol .....	43
<b>Tabla n° 6:</b> análisis de varianza para °alcoholicos en el Bioetanol.....	43
<b>Tabla n° 7:</b> análisis de varianza para la acidez en el Bioetanol .....	44
<b>Tabla n° 8:</b> análisis de varianza para la densidad en el Bioetanol.....	44
<b>Tabla n° 9:</b> análisis de varianza para calorimetria en el Bioetanol .....	45
<b>Tabla n° 10:</b> Rendimiento en base del peso de la muestra adicionando agua.....	56
<b>Tabla n° 11:</b> Valores de las medias del factor A de cada uno de los análisis fisicoquímicos.....	70
<b>Tabla n° 12:</b> Valores de las medias del factor B de cada uno de los análisis fisicoquímicos.....	70
<b>Tabla n° 13:</b> Valores de las medias de las interacciones de cada uno de los análisis .....	70

## INDICE DE GRAFICAS

<b>Grafica n° 1:</b> resultados de diferencia de medias entre los tipos de fruta (papaya, guineo y Piña) en la prueba de significación Tukey ( $p < 0,05$ ). 1. °brix; 2. pH; 3. Turbidez; 4. ° Alcoholicos.....	45
<b>Grafica n° 2:</b> resultados de diferencia de medias entre los tipos de fruta (papaya, guineo y Piña) en la prueba de significación Tukey ( $p < 0,05$ ). 1. Acidez; 2. Densidad; 3. Calorimetria.....	47
<b>Grafica n° 3:</b> resultados de diferencia de medias entre el porcentaje de levadura (0%, 0,50% y 1%) en la prueba de significación Tukey ( $p < 0,05$ ). 1. Brix; 2. pH; 3. Turbidez; 4. °Alcoholicos.....	48
<b>Grafica n° 4:</b> resultados de diferencia de medias el porcentaje de levadura (0%, 0,50% y 1%) en la prueba de significación Tukey ( $p < 0,05$ ). 1. Acidez; 2. Densidad; 3. Calorimetría.....	49
<b>Grafica n° 5:</b> Representación de las medias de la interacción AxB (variedades vs Extracción).....	51

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura n° 1:</b> diagrama de flujo del proceso de obtención del bioetanol.....	39
<b>Figura n° 2:</b> Balance de materias del proceso de obtención de bioetanol a partir de piña con 0% de levadura.....	53

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo n° 1:</b> tabla de resultados obtenidos en la investigación.....	69
<b>Anexo n° 2:</b> Tabla de Medias del Factor A (Fruta) y del Factor B (porcentaje de levadura).....	70
<b>Anexo n° 3:</b> Obtencion de bioetanol.....	71
<b>Anexo n° 4:</b> Análisis realizados.....	71

## CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Evaluación De Las Características Físicas Y Químicas De Un Bioetanol A Partir De Frutas Tropicales				
Autor:	Cobeña Cedeño Gissela Rocio				
Palabras clave:	Calor específico	Levadura silvestre	Densidad,	Grados alcohólicos,	poder de combustion;
Editorial:	Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2017				
Resumen:	<p>El objetivo de estudio del presente trabajo está enfocado en la obtención de bioetanol a partir de los desechos de tres frutas tropicales mediante la fermentación de levadura silvestre aplicando diferentes porcentajes de inoculación. Se Aplicó un Diseño experimental de bloques Completamente al Azar con arreglo factorial A x B donde factor A es igual a los tipos de frutas (Papaya, Guineo y Piña), mientras que factor B es igual a los tres niveles de levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (0%, 0,50% y 0,10%) con un total de 9 tratamientos y 2 repeticiones, los mismos que da un total de 18 unidades experimentales, El análisis de los datos se realizó en el programa de paquetes estadísticos STATGRAPHICS, se estableció las diferencias entre promedios de tratamientos de acuerdo a las características físico-químicas del bioetanol, y se comparó con la prueba de Tukey. para definir parámetros de calidad se realizaron diversos análisis como: ° brix, pH ,turbidez, grados alcoholicos, acidez, densidad y calor especifico; para la validación de la investigación se sometió a un análisis de poder de combustión entre una mezcla del 10% de etanol y 90% de gasolina. Los resultados obtenidos indican que la muestra (Papaya+ 0,05% de levadura), mostró mejores características químicas y físicas siendo el mejor tratamiento para la producción del bioetanol.</p> <p>ABSTRACT</p> <p>The objective of this study is focused on obtaining bioethanol from the waste of three tropical fruits through the fermentation of wild yeast applying different percentages of inoculation. An experimental design of Completely Random blocks was applied with factorial arrangement A x B where factor A is equal to the types of fruits (Papaya, Guineo and Pineapple), while factor B is equal to the three levels of yeast <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (0 %, 0.50% and 0.10%) with a total of 9 treatments and 2 repetitions, which gives a total of 18 experimental units. The analysis of the data was carried out in the statistical package program STATGRAPHICS, it was established the differences between averages of treatments according to the physical-chemical characteristics of bioethanol, and compared with the Tukey test. To define quality parameters, various analyzes were performed such as: ° brix, pH, turbidity, alcoholic degrees, acidity, density and specific heat; for the validation of the investigation, it underwent a combustion power analysis between a mixture of 10% ethanol and 90% gasoline. The results obtained indicate that the sample (Papaya + 0.05% yeast), showed better chemical and physical characteristics being the best treatment for the production of bioethanol.</p>				
Descripción:	72 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
URI:	<u>(en blanco hasta cuando se dispongan los repositorios)</u>				

## INTRODUCCIÓN

El bioetanol se ha identificado como el biocombustible más utilizado en todo el mundo ya que contribuye significativamente a la reducción del consumo de petróleo crudo y la contaminación ambiental. Puede ser producido a partir de varios tipos de materiales de alimentación tales como sacarosa, almidón, lignocelulósico y la biomasa de algas a través de proceso de fermentación por microorganismos. [1]

Los biocombustible son aquellos biocarburantes como alcoholes, éteres, ésteres y otros productos químicos que provienen de compuestos orgánicos de base celulósica (biomasa) extraída de plantas silvestres o de cultivo, que sustituyen en mayor o en menor parte el uso de la gasolina en el transporte o destinados a producir electricidad. [2]

Los biocombustible de origen biológico pueden sustituir parte del consumo de los combustibles fósiles tradicionales, como el petróleo y el carbón; este tipo de combustible se encuentra casi siempre en forma líquida y se usa para accionar los motores de combustión del transporte terrestre. Los biocombustible más desarrollados y usados son el bioetanol y el biodiesel; Los biocombustible de segunda generación (2G) se distinguen de los de primera generación en dos aspectos: Se obtienen de vegetales que no tienen una función alimentaria, y se producen con innovaciones tecnológicas que permitirán ser más ecológicos y avanzados que los actuales. [2]

Los diferentes desperdicios que generan los agricultores que se dedican a la producción de piña, papaya y banano generan grandes cantidades de desechos sin que exista un tratamiento adecuado para los mismos, con un proceso fermentativo, para luego aplicar un método de destilación se podrá obtener bioetanol de todo este tipo de desechos. De esta forma se disminuiría la acumulación de desechos dándole un valor agregado a los residuos vegetales, aportando con la producción de energías limpias que no contaminen nuestro medio.

Con estos nuevo combustibles se abre la posibilidad de obtención de combustibles más respetuosos con el medio, que no compiten con los cultivos dedicados a la alimentación, que además colaboran doblemente contra el cambio climático y que se producen utilizando recursos propios y, por lo tanto, que reducen nuestra dependencia exterior hacia los combustibles fósiles. [2]

**CAPITULO 1**  
**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACION**

## **1.1. Problema de investigación**

### **1.1.1. Planteamiento del problema**

#### **Diagnóstico**

En la ciudad de Quevedo provincia de los Ríos, hay gran producción y comercialización frutícola, pero el aprovechamiento de estos llamados residuos han sido muy escasos, para la elaboración de un subproducto agroindustrial, que son desechados por grandes y pequeñas empresas de las cuales solo se toman en cuenta las pulpas de las mismas encontrándose en buen estado organoléptico, debido a la falta de investigación y el poco conocimiento de su procesamiento las cuales pueden ser recuperadas mediante diferentes procesos, y el poco interés del aprovechamiento no se da un valor agregado, por lo tanto al no ser tratados o procesados adecuadamente crean diversos problemas ambientales.

Una de las desventajas a las que se enfrentan los combustibles de segunda generación son los elevados costos de producción debido a que están ahora en el umbral de comercialización por su gasto relativamente alto de la manufactura; significa que los biocombustibles de segunda generación podrían ser una alternativa como bioetanol con valores más bajos o aceptables para el mercado nacional e internacional con el aprovechamiento de residuos de frutas con un alto grado de azúcares que fácilmente se fermentan.

#### **Pronóstico**

En nuestro país la utilización de los desperdicios en frutas tropicales, no ha sido industrializada a gran escala, por lo cual no se le da un valor importante a las frutas en estado de pudrición o desechos, esto ocasiona una mayor contaminación ambiental, al investigar otro uso para estas frutas una opción integral es la obtención de bioetanol, ya que generaría ingreso a los comerciantes de estas frutas, se obtendría un biocombustible que cuide al ambiente y evitaría el desperdicio de estos desechos.

### **1.1.2. Formulación del problema.**

¿Cómo se aprovecharía los diferentes residuos sólidos para la elaboración de bioetanol a partir de frutas tropicales?

### **1.1.3. Sistematización del problema.**

¿Cómo se verá influenciada las características de los residuos de las frutas tropicales en la calidad del bioetanol?

¿Cuál será el alcance para el aprovechamiento de los residuos vegetales en el proceso de obtención de bioetanol?

¿Qué poder calorífico se obtendrá en este tipo de biocombustible a partir de piña papaya y banano?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar las características físicas y químicas de un bioetanol a partir de frutas tropicales.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el efecto de los residuos de frutas tropicales (piña, papaya y banano) en las características físico-químicas del bioetanol.
- Comparar los porcentajes de levadura (*sacharomyces cerevisiae*), en el proceso fermentativo al 0% - 0,50% - 1,00%.
- Establecer mediante balance de materiales, el mayor contenido de bioetanol.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo de un nuevo producto con frutas, esta revolución productiva se desarrollará con tres tipos de residuos (piña, banano y papaya), los cuales contienen buenas características fermentativas, el material obtenido y recolectado en este sistema de producción es abundante.

Se justifica esta investigación como el aprovechamiento los residuos de las frutas (cascaras), sin contaminar el medio ambiente y por ende darle valor agregado a dicho desperdicio. Con la elaboración de un subproducto derivado de las frutas tropicales, para brindar una nueva alternativa de comercialización y generar ingresos económicos a los productores.

Con la ejecución de este estudio se pretende proveer una alternativa de aprovechamiento de los residuos de las frutas tropicales, mediante la elaboración de bioetanol, que le proporcionaría valor agregado, aportando mayor ingreso a las familias dedicadas a la producción de frutas tropicales y la generación de empleo en la zona. Por lo tanto, con ello se contribuiría al desarrollo agroindustrial, ya que la sociedad podría potenciar su imagen como una organización ambientalmente responsable, que hace uso adecuado de sus recursos y trabaja en la reducción del impacto ambiental.

Este producto se convierte en el desarrollo de un sistema de producción agroindustrial novedoso y provechoso con valor agregado significativo, generando un impacto de avance económico, tecnológico y social favorable para el entorno de la industria, por lo tanto, beneficiará el sector agrónomo con la industrialización de la materia prima (desechos de frutas tropicales) de tres tipos (piña, banano y papaya) las cuales son poco aprovechadas.

A través de este estudio se está impulsando a los residuos de las frutas tropicales como una alternativa que consiste en el aprovechamiento de sus desechos para elaborar bioetanol, no tiene ningún uso dentro de la industria, controlando la concentración de levaduras al 0%, 0,50% y 1,00%, y regulando el contenido de los grados alcohólicos para la obtención de bioetanol con características químicas y sensoriales aceptables. Esto permitirá darle valor agregado a las cascaras, que en la actualidad está siendo desperdiciado, generando un impacto socio económica positivo y reduciendo el impacto ambiental.

## 1.4. HIPÓTESIS

### 1.4.1. HIPOTESIS ALTERNATIVA

- **Ha:** Las características físicas y químicas de la fruta (papaya, piña, banano) influyen en la producción de bioetanol.
- **Ha:** Los porcentajes de levadura (*sacharomyces cerevisiae*), influyen en el proceso fermentativo.

### 1.4.2. HIPOTESIS NULA

- **Ho:** Las características físicas y químicas de la fruta (papaya, piña, banano) NO influyen en la producción de bioetanol.
- **Ho:** Los porcentajes de levadura (*sacharomyces cerevisiae*), NO influyen en el proceso fermentativo.

**CAPITULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1. Marco Teórico**

### **2.1.1. Papaya**

La papaya (*Carica papaya* L.), de la familia Caricaceae, es nativa del trópico americano y la especie más importante del género *Carica* por su alto valor nutritivo e industrial [3]. No existen plantas en los países tropicales que, en igualdad de condiciones de suelo y cultivo, se iguale a la papaya, en cuanto a utilidad y variados usos, brindando abundante alimento en corto tiempo [3].

La papaya (*Carica papaya* L.) es una fruta que se originó en la costa caribeña de Mesoamérica y se extendió por todo el mundo [4]. Es un cultivo importante dado su alto rendimiento agrícola, atributos sensoriales, propiedades funcionales y valor nutricional, particularmente como una buena fuente de carotenos [4].

El color de la cáscara es la característica más utilizada para evaluar el estado de maduración de los frutos de papaya [5]. Las recomendaciones para la cosecha se basan en el cambio del color verde oscuro a verde claro y la aparición de tonos amarillos en el extremo distal [5].

Los fenómenos metabólicos que ocurren durante el desarrollo y la maduración del fruto causan cambios sensoriales y de composición, que se intensifican después del procesamiento mínimo en frutas cortadas listas para comer debido al estrés abiótico [4].

Propiedades antioxidantes, la papaya es sumamente rica en antioxidantes, entre los que destaca especialmente el contenido de licopeno, un carotenoide natural que contribuye a la particular coloración de esta fruta, y que es precisamente la que aporta esas cualidades antioxidantes [6].

Por este motivo, la papaya es especialmente útil a la hora de reducir la acción negativa de los radicales libres, que son agentes oxidantes resultado del transcurso del metabolismo natural del organismo, de manera que si nuestro organismo los produce en exceso causan daños en el ADN y en el tejido conjuntivo, además de ocasionar deterioro celular [6].

De hecho, los radicales libres son considerados principales responsables del envejecimiento prematuro de las células, de ahí la importancia de seguir una alimentación rica en antioxidantes naturales [6].

### **2.1.2. Propiedades de la papaya**

- Posee una gran cantidad de vitaminas y minerales, así como fibra dietética
- Gracias a su contenido en fibra es una fruta con un gran poder desintoxicante, ayudando a su vez a la hora de desintoxicar nuestro organismo, y facilitar la expulsión de las toxinas que se han ido acumulando a lo largo del tiempo
- Gran poder antioxidante, gracias a la presencia de caroteno, vitamina C y flavonoides.
- Es una fruta depurativa, que ayuda a limpiar tanto el colon como los intestinos.
- Es protectora contra el cáncer y las enfermedades cardiovasculares
- Propiedades antiinflamatorias, gracias a la acción conjunta de la vitamina C, E, betacarotenos y enzimas
- Protege contra la artritis reumatoidea (y otras inflamaciones).
- Es diurética suave por lo que ayuda contra la retención de líquidos y a depurar nuestro organismo: ideal en este caso para niños
- Ayuda a hacer bien la digestión, con lo que se evitan así digestiones pesadas [6].

### **2.1.3. Comercialización**

La comercialización se realiza desde el estado de rompimiento del color verde a  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$  de madurez, mientras que el consumo se recomienda cuando la cáscara de los frutos presenta 75% o más de color amarillo [5].

La papaya (*Carica papaya* L.) es uno de los frutales más importantes y ampliamente distribuidos en los países tropicales y subtropicales, debido a su elevado valor nutritivo y excelente sabor, por lo que es muy cotizada tanto en el mercado nacional como en la exportación de fruta fresca o en productos industriales [7]. Los problemas que afectan al cultivo de la papaya son: bajo número de variedades explotadas comercialmente y susceptibilidad a plagas y enfermedades [7].

El color de la cáscara es la característica más utilizada para evaluar la maduración de los frutos de papaya; las recomendaciones para la cosecha, comercialización y consumo se basan en la aparición de porcentajes de color verde, amarillo y naranja. Esas escalas subjetivas son ambiguas y crean dificultades en la interpretación del observador [5].

La madurez de consumo de papaya maradol se alcanza entre los 13 y 15 días después de la cosecha en condiciones de almacenamiento de  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  y 75% de humedad relativa [5]. El ángulo del tono de la cáscara entre  $70$  y  $80^\circ$ , el contenido de sólidos solubles totales entre  $10$  y  $11.5$  °Brix, y la firmeza de la pulpa de  $4.7$  a  $6.9$  newtons permitieron diferenciar dos estados de madurez de consumo [5].

La papaya (*Carica papaya* L.) se produce comercialmente en muchas zonas tropicales y subtropicales del mundo para el consumo interno y para exportar. La producción mundial de papaya aumentó alrededor del 40% en una sola década (1998-2008), con un estimado de 9.1 millones de toneladas producido en 2008 [8].

Con un estimado de 9.1 millones de toneladas producido en 2008. Los principales países productores de papaya son India, Brasil, Nigeria, Indonesia y México [8].

#### **2.1.4. Contenido de sólidos solubles totales**

El contenido de SST de los frutos verdes es de  $5.8$  °Brix; los frutos que se cosecharon cuando la cáscara mostró el cambio de color verde intenso a verde claro con una franja amarilla, tuvieron  $9.8$  °Brix al día siguiente de la cosecha y luego se observó un incremento gradual hasta alcanzar más de  $10$  °Brix en la madurez de consumo [5].

El contenido de azúcares totales y azúcares reductores siguió una tendencia similar a SST, los valores de estos azúcares totales representan aproximadamente 70% de los SST y los azúcares reductores representan más de 50% [5]. La predominancia de azúcares reductores en papaya también fue observada por Santana *et al.* (2003) quienes encontraron que la mayoría de los azúcares de la pulpa de cinco genotipos del banco de germoplasma de Empresa Brasileña de Pesquisa Agrícola (EMBRAPA) corresponden a azúcares reductores [5].

También se observó diferencia entre el contenido de azúcares totales y SST, en los estados de madurez de consumo esta diferencia fue de 3%. Algo similar fue reportado por Torija *et al.* (1998) en frutos de papaya hermafrodita de la variedad Sunrise; estos autores reportan que el contenido de sólidos solubles totales fue de 13.2 °Brix mientras que el contenido de los azúcares totales fue de 5.2% [5].

La determinación de azúcares se realiza por espectrofotometría visible utilizando un espectrofotómetro Beckman Coulter modelo DU 650, los azúcares totales se determinaron por el método fenol-sulfúrico midiendo la absorbancia a 490 nm (Dubois *et al.*, 1956), los azúcares reductores se determinaron por el método DNS midiendo la absorbancia a 550 nm (Miller, 1959). Los sólidos solubles totales (SST) se midieron con un refractómetro digital Palette PR-101<sup>a</sup> [5].

### **2.1.5. Definición del banano**

El banano común es una especie frutal, el fruto puede tener entre 80 a 120 gramos de peso [9]. Este fruto se caracteriza por ser de forma curvilínea, color amarillo, sabor dulce, textura dura, nutricionalmente es considerado un alimento altamente energético, con hidratos de carbono fácilmente asimilables, pero pobre en proteínas y lípidos [9].

### **2.1.6. Componente nutricional del banano**

Los bananos tienen un considerable valor nutricional. Son conocidos por su alto contenido en carbohidratos, potasio y fósforo [9]. El potasio, se encuentra en gran cantidad en este alimento, es un mineral importante para controlar el equilibrio electrolítico del cuerpo, también es esencial para la función muscular, la transmisión de impulsos nerviosos y el buen funcionamiento del corazón y los riñones [9].

Los bananos al pertenecer al grupo de frutos climatéricos, siguen madurando después de la cosecha. Estos frutos experimentan una actividad respiratoria muy alta hasta que se da inicio a la elevación climatérica, una vez en este estadio la maduración es un proceso irreversible que puede ser 3 ser atrasado pero no detenido por factores externos [9].

En el caso de este fruto, se ha observado que presenta aumentos en la producción de etileno al comienzo de la maduración [9]. El cambio en peso y grosor probablemente se produjeron debido a que luego de la inmersión del fruto con la levadura, primero se produjo una adherencia de la levadura a la pulpa y luego una reducción de peso por acción de la biotransformación de los azúcares como la sacarosa, la glucosa y la fructosa, presentes en el banano por parte de la levadura, los cuales fueron transformados en alcoholes que se unieron con el agua y se volatilizaron en el ambiente, con la consiguiente pérdida de peso porcentual, de igual forma el agua disponible fue tomado por la levadura para la generación de energía, por lo que esta agua se hidrolizó ó se evaporó y por tanto se disminuyó su cantidad dentro del fruto y de esta manera se desaceleró la actividad de la levadura [9].

Luego de la degradación de la levadura de los azucares del banano, se producen algunos ácidos como el succínico, acético, fórmico y propiónico, que disminuyeron el pH del medio (rodaja del banano), lo cual parece no afectar el desarrollo de la levadura [9].

### **2.1.7. Frutos climatéricos**

Los bananos al pertenecer al grupo de frutos climatéricos, siguen madurando después de la cosecha [9]. Estos frutos experimentan una actividad respiratoria muy alta hasta que se da inicio a la elevación climatérica, una vez en este estadio la maduración es un proceso irreversible que puede ser atrasado pero no detenido por factores externos [9]. En el caso de este fruto, se ha observado que presenta aumentos en la producción de etileno al comienzo de la maduración [9].

### **2.1.8. Componente nutricional del banano**

Los bananos tienen un considerable valor nutricional. Son conocidos por su alto contenido en carbohidratos, potasio y fósforo; El potasio, se encuentra en gran cantidad en este alimento, es un mineral importante para controlar el equilibrio electrolítico del cuerpo, también es esencial para la función muscular, la transmisión de impulsos nerviosos y el buen funcionamiento del corazón y los riñones [9].

### **2.1.9. Piña**

Los residuos de la piña son un material rico en azúcares simples e hidratos de carbono complejos, tales como la celulosa y la hemicelulosa que son potencialmente hidrolizables en azúcares fermentables [10]. Sin embargo, el residuo tiene que ser pre tratado y sacarificado antes de la fermentación con el fin de aumentar el rendimiento y hacer factible la producción a gran escala [10].

Los residuos industriales de piña tienen usos potenciales como una materia prima para la obtención de productos de valor añadido, ya que contiene azúcares simples y complejos que pueden ser utilizados en la fermentación para la producción de diferentes metabolitos tales como el etanol, el ácido cítrico o vinagre [10].

Por otra parte, el uso de los desechos de piña como fuente de enzimas proteolíticas podría representar una alternativa interesante [10]. Bromelina y otras cisteína proteasas son enzimas que se han identificado en diferentes partes de la planta de la piña bien conocidos [10]. La bromelina se emplea ampliamente en la industria farmacéutica y alimentaria, así como se utiliza en las industrias de cosméticos, textiles, cuero y detergentes [10]. La industrialización de la piña es conocida para generar una cantidad significativa de residuos y sólidos, valores tan altos como 75-80% han sido reportados [10].

Con esta finalidad se realizó un estudio para aprovechar al máximo un residuo agrícola como el bagazo de piña, para obtener celulosa y bioetanol [11]. A nivel mundial, el principal productor de piña es Tailandia, seguido de países de Latinoamérica donde Brasil es el principal productor, del total de la producción mundial de piña, México aporta un 4% [11].

Los desechos agrícolas de bagazo de la industrialización de la piña en la región representan un 20% lo cual es un total de 12,900 toneladas de bagazo al año, de los cuales un 30% es utilizado como alimento para ganado y el resto se desecha [11]. El etanol mezclado con gasolina, aumenta el número de octano y promueve una mejor combustión, reduciendo las emisiones contaminantes [11]. La celulosa y hemicelulosa son hidrolizadas por enzimas o ácidos diluidos para obtener sacarosa (glucosa), la cual es fermentada y transformada en etanol [11].

### **2.1.10. Fermentación**

Existe una gran variación en la calidad de la fermentación entre los cientos de híbridos de cereales utilizados en la cadena comercial; por lo tanto, es importante para la industria del etanol y productores de cultivos disponer de métodos adecuados para predecir los rendimientos de etanol así como una eficiencia de conversión de estos híbridos [11].

La fermentación se realizó, de acuerdo a la metodología de Aguilera, 2005, donde utiliza el microorganismo “*Saccharomyces cerevisiae*” contenido en la levadura del pan, y se agregaron los nutrientes necesarios para este microorganismo como son: peptona (4 g/L), extracto de levadura (1 g/L),  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (1 g/L) y  $\text{Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (0.5 g/L) [11].

### **2.1.11. Levadura**

Desde la antigüedad, las levaduras se han reconocido como protagonistas en la producción de alimentos y bebidas mediante la fermentación [12]. Actualmente, son utilizadas en diferentes áreas de la biotecnología. Aunado a que son un modelo de estudio de células eucariontes las levaduras son los microorganismos más importantes en la biotecnología [12].

Las levaduras resistentes a altas temperaturas son denominadas levaduras termo tolerantes, sin embargo, no existe un valor absoluto de temperatura, ya que los límites a partir de los cuales se consideran levaduras termos tolerantes varían en la literatura. El primer intento por definir levadura termo tolerante fue realizado por Arthur y Watson (1976). McCracken y Gong (1982), definen estas levaduras como aquellas con una temperatura de crecimiento máxima de 37 a 45°C [12].

Las altas temperaturas generadas durante el uso industrial de levaduras elevan la susceptibilidad de estos microorganismos hacia compuestos inhibitorios del crecimiento, e intensifican el efecto inhibitorio del etanol, por lo que las levaduras termotolerantes podrían presentar una mayor resistencia a estas condiciones. Kwon et al. (2013), reportaron que la cepa termotolerante *Isshatchenkia orientalis*, presentó una tolerancia de hasta 96.7 gL<sup>-1</sup> de etanol, siendo el mayor nivel de tolerancia observado en una cepa de levadura crecida a temperaturas de 40 a 45°C [12].

### **2.1.12. Producción de etanol por levaduras termotolerantes**

El incremento en el uso del etanol por diferentes industrias como fuente de energía, solventes industriales, agentes de limpieza y preservativos, ha incrementado la producción de este alcohol [12]. La producción de etanol puede ser químicamente o a través de la fermentación de carbohidratos, principalmente, por levaduras vía glucólisis en condiciones anaerobias [12]. La producción de etanol mediante la fermentación es un proceso exotérmico, por lo que a medida que la fermentación progresa, el calor generado eleva la temperatura del medio de fermentación, además, debido a la corta duración de la fermentación, la refrigeración no siempre es lo suficientemente eficaz en la eliminación de calor, por lo que la temperatura puede alcanzar hasta 40°C [12].

### **2.1.13. Etanol como combustible vehicular**

Cualquiera sea su origen biomasa o procesos petroquímicos y carboquímicos, el etanol es un combustible, es decir, libera significativas cantidades de calor al quemarse. Sin embargo, el etanol presenta algunas diferencias importantes con relación a los combustibles convencionales derivados de petróleo [13].

La principal es el elevado tenor de oxígeno, que constituye cerca del 35% en masa del etanol. Las características del etanol posibilitan la combustión más limpia y mejor desempeño de los motores, lo que contribuye a reducir las emisiones contaminantes, aun al mezclarlo con la gasolina [13].

En estos casos, actúa como un verdadero aditivo para el combustible normal, mejorando sus propiedades. No obstante la larga experiencia con el etanol como combustible en algunos países, en particular Brasil, es notable como, en diversos países donde el etanol todavía no se utiliza regularmente, subsisten prejuicios y desinformaciones sobre las reales condiciones de uso y las ventajas que se deben asociar a este combustible y aditivo [13].

Las principales características físicas y químicas que definen su especificación y se revisan su adecuación y compatibilidad con los elastómeros y metales de mayor uso en motores, destacando la visión de la industria automovilística con respecto al uso [13].

#### **2.1.14. Dimensiones técnicas y ambientales del uso del etanol**

El etanol, o alcohol etílico, es una sustancia con fórmula molecular  $C_2H_6O$ , que puede ser utilizada como combustible en motores de combustión interna con ignición a chispa (ciclo Otto) de dos maneras, básicamente: 1) en mezclas de gasolina y etanol anhidro; o 2) como etanol puro, generalmente hidratado [13].

En el caso brasileño, las especificaciones, que deben ser atendidas por los productores y respetadas por toda la cadena de comercialización, son definidas por la Resolución ANP 309/2001, para la gasolina con etanol anhidro, y por la Resolución ANP 36/2005, para el etanol anhidro e hidratado, denominados, respectivamente, alcohol etílico anhidro combustible (AEAC) y alcohol etílico hidratado combustible (AEHC), en la legislación brasileña [13].

Según esta legislación, considerando concentraciones en masa, el etanol anhidro debe contener menos del 0,6% de agua, mientras que para el etanol hidratado esta concentración debe estar entre el 6,2% y 7,4%. Expresados como proporción en volumen a 20° C, estos valores corresponden, respectivamente, a una concentración máxima del 0,48% para el etanol anhidro y una franja del 4,02% a 4,87% para el etanol hidratado [13].

Cuando se mezcla el etanol a la gasolina, resulta un nuevo combustible, con algunas características distintas del valor determinado por la ponderación directa de las propiedades de cada componente, a causa del comportamiento no lineal de ciertas propiedades [13]. Es necesario recordar que, mientras que el etanol es una sustancia química simple, la gasolina es siempre una mezcla con más de 200 diferentes especies de hidrocarburos derivados del petróleo [13].

Los esfuerzos se enfocan en el desarrollo de tecnologías que empleen residuos agroindustriales como fuente renovable en la fabricación de alimentos y biocombustibles, de acuerdo a sus características, que generalmente se definen mediante los análisis elemental e inmediato. En biomasa, el análisis elemental reporta valores típicos del 50% en carbono, 5,5% en hidrógeno, valores menores al 1% en nitrógeno, 40% en oxígeno y valores despreciables en azufre [14].

### **2.1.15. Producción de bioetanol**

Así como en la producción de bebidas alcohólicas, que normalmente se realiza de diferentes maneras, la producción de biocombustibles a base de materias primas vegetales se puede efectuar por medio de distintas rutas tecnológicas, con ventajas y limitaciones distintas [15].

Entre esos portadores energéticos de energía solar, el bioetanol se destaca, claramente, por ser la alternativa con mayor madurez y por su efectiva inserción en las matrices energéticas de diversos países [15].

En 2006, el bioetanol representó una oferta energética cercana a un 3% de la demanda mundial de gasolina y más de diez veces superior a la producción de biodiesel observada en el mismo período [15].

### **2.1.16. Materias primas y tecnologías de producción del bioetanol**

Entre los combustibles líquidos destacan el etanol y el biodiésel, mediante las rutas biológicas, el bioetanol se puede producir a base de cualquier biomasa que contenga cantidades significativas de almidones o azúcares. En la actualidad hay un ligero predominio de la producción relacionada con materiales amiláceos (un 53% del total), como el maíz, el trigo y otros cereales y granos [15].

En esos casos, la tecnología de conversión comienza, generalmente, con la selección, la limpieza y la molienda del grano. La molienda puede ser húmeda, cuando el grano está embebido y fraccionado antes de la conversión del almidón en azúcar (vía húmeda), o seca, cuando eso se realiza durante el proceso de conversión (vía seca) [15].

En ambos casos, el almidón se convierte en azúcares mediante un proceso enzimático a altas temperaturas. En ese caso, los azúcares liberados son fermentados con levaduras, y el vino resultante sufre destilación para la purificación del bioetanol [15]. Además del bioetanol, esos procesos implican, generalmente, diversos coproductos, que varían de acuerdo con la biomasa utilizada [15].

### **2.1.17. Bioetanol de caña de azúcar**

La caña de azúcar es una planta semiperenne con ciclo fotosintético de tipo C4, perteneciente al género *Saccharum*, de la familia de las gramíneas, compuesta por especies de gramas altas perennes, oriundas de regiones templadas calientes a tropicales de Asia, específicamente de India. La parte aérea de la planta se compone, esencialmente, por los tallos, en los que se concentra la sacarosa, y por las puntas y hojas, que constituyen la paja de la caña de azúcar, todos esos componentes juntos totalizan cerca de 35 toneladas de materia seca por hectárea [15].

Para la producción de azúcar, primero se debe cribar y tratar químicamente el jugo, para lograr la coagulación, la floculación y la precipitación de las impurezas, que son eliminadas por decantación. La “torta de filtro”, que se utiliza como abono, surge de la extracción de azúcar del barro del decantador, a través de filtros rotativos al vacío [15].

El jugo tratado se concentra, consecuentemente, en evaporadores de múltiple efecto y se cristaliza. En ese proceso no toda la sacarosa disponible en la caña se cristaliza y la solución residual rica en azúcar (miel) puede volver al proceso, con el propósito de recuperar azúcar [15].

La miel final, también denominada melaza, que no vuelve al proceso de fabricación de azúcar, aún posee un poco de sacarosa y un elevado contenido de azúcares reductores (como la glucosa y la fructosa, resultantes de la descomposición de la sacarosa) y se puede utilizar como materia prima para la producción del bioetanol, a través de fermentación [15].

De ese modo, la producción de bioetanol de caña de azúcar se puede basar en la fermentación, directamente del jugo de la caña, o de las mezclas de jugo y melaza, que es como se realiza generalmente en Brasil [15].

En el caso del bioetanol extraído directamente del jugo, las primeras etapas del proceso de fabricación, desde la llegada de la caña hasta el tratamiento inicial del jugo, se asemejan al proceso de fabricación del azúcar [15].

En un proceso más completo, el jugo pasa por el calaje, calentamiento y decantación, así como en el proceso del azúcar. Una vez tratado, el jugo se evapora para adecuar su concentración de azúcares y, eventualmente, se lo mezcla con la melaza, dando origen al mosto, una solución azucarada y lista para fermentar [15].

La posibilidad de utilizar los azúcares de caña, total o parcialmente, para la producción de bioetanol se convierte en una característica muy importante para esta agroindustria que, debido a las condiciones de precio, a la demanda existente y a las perspectivas de mercado, puede establecer, respetando ciertos límites, un programa de producción de mínimo costo y máximo beneficio económico [15].

Para aprovechar bien esa ventaja, varias plantas brasileñas poseen líneas de fabricación de azúcar y bioetanol, cada uno con capacidad para procesar el 75% del jugo producido, logrando un margen de un 50% de la capacidad total de proceso ante la capacidad de extracción de las molineras [15].

Durante este proceso la descarga de agua es bastante alta. Actualmente, en las condiciones del centro sur brasileño, la captación es alrededor de 1,8 m<sup>3</sup> por tonelada de caña procesada, pero está disminuyendo de modo significativo, como resultado de la implantación de medidas de reutilización, que permiten la reducción del nivel de captación así como de la disposición de agua tratada [15].

Considerando todo el proceso de producción de bioetanol de caña, los residuos consisten en la vinaza (entre 800 y 1.000 litros por tonelada de caña procesada para bioetanol), en la “torta de filtro” (aproximadamente 40 kg húmedos por tonelada de caña procesada) y en las cenizas de las calderas [15].

Como se mencionó, en las plantas brasileñas se valoran esos residuos y luego se convierten en subproductos, que se reciclan y se utilizan como fertilizantes. De esta manera, se reduce de manera significativa la necesidad de incorporar fertilizantes minerales y se evita la necesidad de irrigación en los cañaverales [15].

En el caso de la agroindustria de bioetanol basada en la caña de azúcar, la totalidad de energía consumida en el proceso se puede proveer por medio de un sistema combinado de producción de calor y potencia (sistema de cogeneración), instalado en la planta, y utilizando sólo el bagazo como fuente de energía [15].

Efectivamente, en todo el mundo, muchas plantas de azúcar de caña producen gran parte de la energía que necesitan. En Brasil, las plantas se autoabastecen y, muchas veces, exportan a la red pública excedentes de energía cada vez más importantes, gracias al aumento del uso de equipos cada vez más eficientes [15].

### **2.1.18. Bioetanol de maíz**

El bioetanol de maíz se puede producir por medio de dos procesos, denominados molienda seca y húmeda. La forma húmeda era la opción más común hasta los años 1990, pero en la actualidad la opción seca se ha consolidado como el proceso más utilizado [15].

A pesar de no proporcionar una gran variedad de coproductos, como en el caso húmedo, las innumerables mejoras realizadas en el proceso seco lo han convertido en una opción con costos de inversión y operativos más bajos, hecho que disminuye bastante el costo final del bioetanol [15].

En el proceso húmedo, se apartan las distintas fracciones del grano del maíz, lo que posibilita la recuperación de diversos coproductos, como proteínas, nutrientes, gas carbónico (CO<sub>2</sub>, utilizado en fábricas de bebidas gaseosas), almidón y aceite de maíz. Aunque el aceite de maíz es el producto más valioso, el almidón (y, consecuentemente, el bioetanol) es el producido en mayor volumen, con rendimientos aproximados de 440 litros de bioetanol por tonelada seca de maíz [15].

En el caso de la molienda seca, el único coproducto del bioetanol es un suplemento proteico para alimentación animal conocido como DDGS (distillers dried grains with solubles). En ese proceso, se agregan agua y enzimas (alfa-amilasa) al grano de maíz molido, para promover la hidrólisis del almidón en cadenas menores de azúcar [15].

En la etapa siguiente, esas cadenas son sacarificadas por la acción de la glucoamilasa y la solución resultante es fermentada. En algunas unidades, esas operaciones de liquefacción/sacarificación sufren el reciclaje de una parte de la vinaza fina (proceso de backsetting) con la intención de reducir el pH y proveer nutrientes para la fermentación [15].

Al igual que en el caso del bioetanol de caña, durante la fermentación, la glucosa se transforma en bioetanol gracias a la acción de la Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y el vino producido sigue hacia la destilación [15].

La vinaza producida en esa etapa sigue hacia un conjunto de centrífugas, en las cuales se separa la vinaza fina, que se puede reutilizar en el proceso. En general, la vinaza que sobra se concentra en evaporadores, produciendo un jarabe con cerca de 50% de humedad. Ese jarabe se combina con los sólidos retirados en la centrífuga y se seca hasta el 10% de humedad, y así se origina el DDGS mencionado antes [15].

Las demás etapas de la destilación equivalen al proceso utilizado para el bioetanol de caña en Brasil, con la diferencia de que, en los EE.UU., la deshidratación con criba molecular ya es el proceso más utilizado para la producción del bioetanol anhidro. Con relación a los rendimientos, en general se obtienen, por tonelada seca de maíz, cerca de 460 litros de bioetanol anhidro y 380 kg de DDGS [15].

### **2.1.19. Una visión de futuro del bioetanol como combustible**

A continuación se destacan las características más importantes del bioetanol de caña de azúcar, sobre la base de una experiencia de décadas en Brasil con este biocombustible, [16]:

- El bioetanol puede ser utilizado en motores vehiculares, puro o mezclado con gasolina, con buen desempeño y empleando esencialmente el mismo sistema de distribución y almacenamiento existente para la gasolina [16].

- En concentraciones de hasta el 10% los efectos del bioetanol son casi imperceptibles sobre el consumo de los vehículos, los cuales pueden, en esos niveles, emplear este biocombustible en sus motores sin ninguna modificación [16].
- El bioetanol de caña de azúcar se produce con elevada eficiencia en la captación y en la conversión de energía solar (relación producción/consumo de energía superior a 8), con productividad agroindustrial bastante superior a los demás biocombustibles, alcanzando cerca de ocho mil litros por hectárea (tecnología actual) y significativa disponibilidad de excedentes energéticos, tales como biocombustibles sólidos (bagazo y paja) y, principalmente, bioelectricidad [16].
- El bioetanol de caña de azúcar, producido en Brasil se muestra competitivo con el petróleo cuando el precio del barril es de alrededor de U\$S 45. El costo final de producción del bioetanol está determinado principalmente por el costo de su materia prima. La tecnología empleada para su producción está comercialmente disponible, y se puede introducir progresivamente en la agroindustria cañera productora de azúcar [16].
- Los impactos ambientales de locales de la producción del bioetanol de caña de azúcar sobre los recursos hídricos, el suelo y la biodiversidad, y los derivados del uso de agroquímicos, entre otros, han sido atenuados a niveles tolerables e inferiores a los de la mayoría de otros cultivos agrícolas [16].
- El uso del etanol de caña de azúcar permite reducir en casi un 90% las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo de modo efectivo a mitigar el cambio climático. En las condiciones actuales, por cada millón de metros cúbicos de bioetanol de caña de azúcar mezclado con gasolina, se dejan de liberar a la atmósfera cerca de 1,9 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> [16].
- Las perspectivas de desarrollo tecnológico en la agroindustria del bioetanol de caña de azúcar son promisorias, con posibilidades importantes de aumento de su productividad y desempeño energético (inclusive en la fase agrícola).  
Y de diversificación de sus productos derivados, especialmente a través de las vías de hidrólisis y gasificación, las cuales podrían emplearse para el incremento de la producción de bioetanol y de bioelectricidad [16].  
El desarrollo adecuado de programas bioenergéticos depende principalmente de su continua interacción con las fuentes de innovación [16].

- La creciente mecanización de la cosecha de la caña de azúcar reduce el trabajo manual; pese a ello, la demanda de mano de obra por unidad de energía producida se ha mantenido constante en comparación con otras fuentes energéticas [16].
- La producción del bioetanol de caña de azúcar, tal como se desarrolla en Brasil, afecta poco la producción de alimentos, con un área plantada muy reducida en relación al área cultivada para producir alimentos y a las áreas disponibles para la expansión de las actividades agrícolas [16].
- La agroindustria del bioetanol de caña de azúcar se articula con muchos sectores de la economía y fomenta el desarrollo de diversas áreas, como la prestación de servicios, la industria de equipos agrícolas e industriales y la logística. El soporte al desarrollo científico y tecnológico es un elemento importante de esa cadena productiva y es fundamental para asegurar la utilización sostenible de la materia prima y permitir una elevada eficiencia [16].
- Las posibilidades para expandir la producción de bioetanol de caña de azúcar son amplias, no sólo en Brasil, sino también en otros países tropicales húmedos, considerando su disponibilidad de tierras no utilizadas o utilizadas en actividades pecuarias de baja productividad [16].

### **2.1.20. Proceso de destilación fraccionada**

Después de haber fermentado el producto con el método controlado y no controlado (natural) y previamente colado, se procedió a realizar la destilación fraccionada [17].

- Antes de llevar el producto fermentado en el balón, se realizó una separación de sólidos y líquidos por medio de un colado.  
El producto a fermentar en líquido será más fácil de evaporarse al momento de la destilación, sin la presencia de sólidos pesados [17].
- Se colocó una primera muestra de 800 mililitros de producto fermentado en un balón de destilación [17].
- Se calentó muy suavemente el contenido del balón de destilación y se mantuvo así hasta que llegó a los 75 °C, sin dejar que pasara de los 80 °C [17].
- Posteriormente se recolectó el líquido destilado entre 75 a 80 °C [17].

- Se repitieron los pasos anteriores para las demás muestras a destilar, tomando nuevamente 800 mililitros de muestra, logrando así las dos repeticiones por cada tratamiento [17].

### **2.1.21. Fermentación anaeróbica controlada**

La fermentación es un proceso en el cual se llevan a cabo cambios químicos en un substrato orgánico, ya sea en hidrato de carbono, proteína, o grasa. Estos cambios se llevan a cabo por catalizadores bioquímicos conocidos como enzimas, que son elaboradas por tipos específicos de microorganismos vivos [17].

El método de fermentación anaeróbica controlada consiste en primera instancia del pesado inicial del producto, para luego llevar a cabo el proceso de pasteurización de 72 a 80 °C por un periodo de un minuto, para eliminar microorganismos antagónicos, posteriormente se deja enfriar el producto a temperatura ambiente y una vez efectuado esto, se inocula con levaduras *Saccharomyces cerevisiae* previamente activadas para la preparación del inóculo; se pesa la levadura en 2, 4 y 6 % Peso/Peso por separado, luego se disuelve en agua tibia y se le adiciona inmediatamente al mucílago pasteurizado [17].

Finalmente, se deja el mucílago en proceso de fermentación anaeróbica. Para la destilación fraccionada se toman 800 mililitros de muestra previamente colada, el proceso de colado del producto fermentado reduce el tiempo de volatilización del etanol al momento de la destilación debido a que en ella no hay presencia de sólidos pesados, los cuales dificultan el proceso de evaporación [17].

En la pasteurización no se deben rebasar los 80 °C, con el fin de evitar que el producto se caramelize por efecto del contenido de azúcares bajo un proceso de alta temperatura;

Es necesario mantener el rango de temperatura para eliminar la mayor cantidad posible de microorganismos. Una vez enfriado el producto, la levadura se debe activar con agua tibia y posteriormente diluirla en el mucílago previamente pasteurizado [17]. Es importante monitorear frecuentemente el tiempo de fermentación, ya que ésta puede ser lenta o rápida, dependiendo de la agilización de los agentes descomponedores y del medio ácido en que se encuentren [17].

### **2.1.22. Proceso de fermentación no controlado**

Para este método no se empleó el proceso de pasteurización, ni de inoculación, siendo así un proceso de fermentación natural, misma que se administró a partir del diagrama de flujo presentado en la Figura 2. Una vez fermentado el producto (esto puede variar de acuerdo a la zona o a la diferencia de tratamientos respecto al contenido de grado Brix del mucílago), se realizó la destilación fraccionada en el laboratorio del Centro Universitario Regional del Centro (CURC). Por cada tratamiento se utilizaron 800 mililitros de producto fermentado para la destilación, con 2 repeticiones por cada tratamiento. Este principio de destilación fraccionada aplica tanto para el método de fermentación anaeróbica controlada como la de fermentación no controlada [17].

### **2.1.23. Fermentación anaeróbica no controlada**

En el método no controlado, se midieron los grados Brix del mucilago, se deja fermentar el producto en ausencia de oxígeno sin pasteurizar. El tiempo de fermentación varía dependiendo de los grados Brix del mucilago. Una vez logrado esto, se realiza la destilación fraccionada tomando 2 repeticiones de 800 mililitros de muestra para cada beneficio, debe estar previamente colada [17].

Es importante considerar que el mucílago a recolectar debe ser fresco y con mayor contenido de azúcares. En el método no controlado puede variar, pudiendo ser más lento por no estar inoculado con levaduras en su proceso de fermentación. Si no se observa la salida de CO en el proceso de fermentación, el producto está listo para destilar [17].

En el principio de la fermentación bajo condiciones anaeróbicas, la glucosa es convertida en etanol y dióxido de carbono (CO) mediante el fenómeno 2 denominado glucólisis en el ciclo de fermentación [17].

## **2.2. Principales referencias de la investigación**

### **2.2.1. Producción en continuo de etanol a partir de banano de rechazo (cáscara y pulpa) empleando células inmovilizadas**

En el trabajo del que da cuenta el presente artículo se estudió la producción en continuo de etanol a partir de banano de rechazo utilizando células inmovilizadas en alginato de sodio. Se compararon las fermentaciones en batch con células libres e inmovilizadas (*Saccharomyces cerevisiae*), utilizando medio estándar de fermentación y mosto de banano como sustrato. Las fermentaciones con mosto de banano presentaron un incremento del 31% en la producción de etanol durante las primeras 14 horas de fermentación, pasando de producir 33.78g/L de alcohol con células libres a 44.18g/L con células inmovilizadas [18].

### **2.2.2. “Obtención de una bebida alcohólica a partir de mucílago de cacao, mediante fermentación anaerobia en diferentes tiempos de inoculación”**

El objetivo del estudio fue obtener una bebida alcohólica a partir de mucílago fresco de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) mediante fermentación anaerobia en diferentes tiempos de inoculación. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo Trifactorial A x B x C, factor A, 2 tiempos de fermentación (8 y 12 días), factor B, 3 niveles de metabisulfito de potasio (0.01, 0.02 y 0.03%) y factor C, 2 niveles de levaduras (0.2 y 0.4%), con 12 tratamientos y 3 repeticiones. Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) para establecer las diferencias entre promedios de tratamientos de acuerdo a las características físico-químicos de las bebidas alcohólicas, para comparar promedios entre los tratamientos se usó la prueba de Tukey y para valoración de características organolépticas la prueba de Kruskal Wallis [19].

### **2.2.3. Aprovechamiento de residuos agroindustriales como biocombustible y biorefinería.**

El aprovechamiento de residuos generados en procesos agroindustriales, es de interés en el ámbito mundial.

En la actualidad se investiga en biomasa lignocelulosa para obtener energía, combustibles, biomateriales y productos químicos, mediante tecnologías limpias y sistemas cerrados que permitan conservar el medio ambiente. En esta investigación, a partir de características de residuos agroindustriales típicos del Departamento del Cauca, bagacillo de caña, polvillo de fique, afrecho de yuca y sus mezclas, se evaluó el aprovechamiento como biorefinería. Se determinaron las propiedades térmicas, físicas químicas y morfológicas en siete muestras de residuos, se realizaron ensayos exploratorios de pre-tratamientos y posibles usos. Se concluye que la muestra M6 con el 9,93% de humedad, 4,12% de ceniza, 43,97% de carbono, 5,86% de hidrogeno, 0,43% nitrógeno, poder calorífico inferior de 15MJ/kg y con 22,25% de celulosa, 9,30% de hemicelulosa y 4,56% de lignina, presenta características apropiadas para ser utilizada en hornos y calderas de menor potencia para el sector rural por la cantidad de ceniza, la cual mantiene estable el poder calorífico inferior y reduce la emisión [20].

#### **2.2.4. Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas.**

En este documento se encontrara información en base a la biotecnología que ofrece diversas opciones para la generación de energías renovables. Una de ellas es la producción de bioetanol, el cual se obtiene mediante fermentación. El bioetanol se usa en la preparación de carburantes para vehículos automotores. En este artículo se presenta una propuesta para la obtención de este combustible mediante una unidad de fermentación piloto experimental de 100 litros. Los resultados de nuestros ensayos, en rendimiento y productividad, son similares a los de otros laboratorios si se considera que esta unidad piloto funciona en condiciones no estériles, lo que representa como ventaja un ahorro de energía no despreciable. Además, la tecnología no requiere conocimientos especializados para su realización y estaría al alcance de grupos campesinos mexicanos [21].

#### **2.2.5. Bioetanol de caña de azúcar energía para el desarrollo sostenible.**

##### **Capítulo 2 (etanol como combustible vehicular)**

El presente capítulo busca presentar aspectos técnicos, económicos y ambientales importantes para el etanol como combustible en motores de combustión interna, ya sea en mezclas con gasolina (etanol anhidro, es decir, sin agua) o puro (etanol hidratado) [22].

Se comentan, aquí, las principales características físicas y químicas que definen su especificación y se revisan su adecuación y compatibilidad con los elastómeros y metales de mayor uso en motores, destacando la visión de la industria automovilística con respecto al uso [22].

### **2.2.6. Colombia en la era del alcohol carburante.**

En el marco de la Ley 693/2001, Colombia inicia la era de nuevos combustibles con la obligatoria mezcla de alcohol–gasolina (5-95%), es decir, se legisla para permitir la libre competencia en la producción, distribución y comercialización de alcoholes no potables. Esto coincide con la implementación de dicho régimen con un elevado precio de la gasolina, producto del alza del petróleo en el mercado mundial y del desmonte de los subsidios a nivel nacional [23].

Este programa de sustitución puede dar lugar a promover el desarrollo agroindustrial a partir del uso productos agrícolas existentes en el país, tales como caña de azúcar, remolacha o yuca, sumado a la abundante normatividad técnica expedida, para regular y controlar. Así mismo, se señalan bondades como la autosuficiencia y sustitución energética, ahorros fiscales, menor contaminación y desarrollo agroindustrial, dado el gran potencial productivo y conocimiento acumulado a partir de la caña de azúcar, en el Valle del Cauca; además de los beneficios técnico a nivel de combustión: mayor octanaje, mejor combustión y en consecuencia ganancias en potencia. Esta nueva oferta de combustible se agrega a la del Gas Natural Comprimido- Gas Natural Vehicular (GNC-GNV) y posiblemente al biodiesel [23].

Otro hecho significativo tiene que ver con la compatibilidad de los materiales metálicos y plásticos con la mezcla, la cual ha sido bastante estudiada. De manera general, no representa un problema grave el uso de Etanol, en motores de combustión interna (MCI) [23].

Según lo revelado por la mayoría de los constructores de motores y automóviles, la mezcla propuesta, hasta 10% de etanol, y la adición de anticorrosivos puede ser técnicamente adoptada, sin mayores ajustes mecánicos [23].

## **2.2.7. Bioetanol de caña de azúcar energía para el desarrollo sostenible.**

### **Capítulo 5 (Tecnologías avanzadas en la agroindustria de la caña de azúcar)**

A continuación, se presentan las tecnologías innovadoras para la utilización de la caña como insumo industrial y energético, involucrando la producción de bioetanol y considerando los procesos dirigidos a la valorización de los materiales lignocelulósicos, mediante su hidrólisis o gasificación, y la producción de plásticos biodegradables, basados esencialmente en los estudios de Seabra (2008). Se incluye también en este capítulo una revisión de las oportunidades de empleo del bioetanol como insumo básico para la industria petroquímica (o alcoholquímica), campo en el cual ya se desarrollaron proyectos importantes hace algunas décadas y que ahora se retoman con nuevas iniciativas. A medida que toda la caña, con sus azúcares y fibras, pasa a ser una fuente de materiales de interés, utilizable en una amplia gama de productos en procesos integrados e interdependientes, las plantas de azúcar y bioetanol se configuran cada vez más en el modelo de las llamadas biorrefinerías, que imitan a las actuales refinerías de la industria del petróleo, pero con nuevas bases, renovables y ambientalmente más saludables [24].

## **2.2.8. Caracterización ambiental de las vinazas de residuos de caña de azúcar resultantes de la producción de etanol**

El siguiente artículo presenta los resultados de la caracterización ambiental de las vinazas resultantes de la producción de etanol de segunda generación a partir de dos fuentes: la primera, de substratos sintéticos producidos en el laboratorio que simulan las condiciones de los residuos de caña, y la segunda, a partir de los hidrolizados de residuos de caña de azúcar. Esto con el fin de identificar alternativas de tratamiento que disminuyan su impacto y potencial de contaminación. Se determinaron parámetros de importancia para la calidad de las mismas, como son Demanda Biológica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), Demanda Química de Oxígeno (DQO), sólidos en suspensión, nitratos, fosfatos, etc [25].

Los cuales arrojaron una menor carga contaminante al compararse con las resultantes de otros procesos cuya materia prima son diferente. Sin embargo, contienen altos valores de  $DBO_5$  y DQO, así como de nitratos, fosfatos y sólidos totales, que exceden la legislación colombiana para vertimientos de efluentes [25].

**CAPITULO III**  
**METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

### 3.1. Localización

El presente proyecto de investigación se lo llevó a cabo en condiciones rigurosamente controladas en los laboratorios de operaciones unitarias y procesamiento de alimentos de la carrera de Ingeniería Agroindustrial del campus "Manuel Haz Álvarez" de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el Km 1 ½ vía Santo Domingo. Las coordenadas de estas instalaciones son 79°28'30" situadas en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, Ecuador.

Las investigaciones realizadas en el presente proyecto se efectuaron en los laboratorios de bromatología de la extensión de la universidad técnica estatal de Quevedo "La Maria" ubicada en la vía a El Empalme, y en los laboratorios de calorimetría ubicado en el campus "Manuel Haz Álvarez" de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el Km 1 ½ vía Santo Domingo.

Las muestras de los tres tipos de frutas tropicales, materia prima principal en la obtención del bioetanol se la obtuvo en los comerciales del mercado del Río de la ciudad de Quevedo ubicado en la calle octava malecón y Eloy Alfaro.

### 3.2. Tipos de investigación

Para el estudio de las características de los diferentes tipos de frutas tropicales (papaya, banana, y piña) evaluados en esta investigación para la obtención de un bioetanol, se utilizó:

- **Investigación descriptiva.-** se aplicó para describir la problemática que concierne en el proceso de obtención del bioetanol para el uso industrial.
- **Investigación experimental.-** la comparación entre los tipos de frutas tropicales (papaya, banana, y piña) "variable independiente" aplicadas a los porcentajes de levaduras "variable dependiente".

- **Investigación de tipo bibliográfica y documental.**- Fue necesaria la aplicación de teorías, normativas que se obtuvieron de libros, revistas, artículos, páginas de internet con información de la problemática a solucionar.

### **3.3. Métodos de investigación**

Se estudiará 3 tipos de residuos de frutas los mismos que son poco industrializados para lo cual se aplicara en este tipo de investigación Análisis de varianza con la prueba de significación de tukey estructurada con 3 factores de estudio haciendo referencia a los tipos de frutas, y diferentes porcentajes de levadura referente a los tiempos y temperaturas.

- **Método inductivo**

Mediante las observaciones realizadas en el proceso para la obtención de bioetanol, se pudo conocer que no hubo un buen rendimiento final, lo que es necesario que se realice un reproceso para obtener mayor cantidad de bioetanol con mayores grados alcohólicos.

Mediante los resultados que se obtendrán del diseño experimental AxB empleado a la elaboración de un bioetanol mediante destilación. Se puede concluir sobre las afirmaciones o negaciones de las hipótesis planteadas.

- **Método analítico**

El método analítico permitió determinar cuál era la mejor manera de lograr buenos resultados en cuanto a la obtención del bioetanol, con la aplicación de tres porcentajes de levaduras en tres tipos de frutas, los cuales ayuden a obtener una mejor calidad del producto final.

- **Método experimental**

Se aplicará el método experimental para comprobar los efectos de intervención entre los factores de estudio. Una vez obtenidos los resultados, se procesarán aplicando métodos estadísticos para estructurar el ADEVA (Análisis de varianza); y, de ser necesario la prueba de significancia TUKEY. Este análisis estadístico que se realizara mediante el programa STATGRAPHICS.

### 3.4. Fuentes de recopilación e información

Se utilizó fuentes primarias y secundarias de información, por lo tanto se obtuvo información de textos, artículos científicos, revistas y documentos.

### 3.5. Diseño de la investigación

Para el estudio de los resultados obtenidos se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con un arreglo factorial AxB, donde el Factor A son las frutas utilizadas en la fermentación y el factor B son los porcentajes de levadura, dando un total de 18 tratamientos aplicando dos repeticiones. Las variables utilizadas son: °brix, pH, Turbidez, ° Alcoholicos, Acidez, Densidad y Calorimetria.

#### 3.5.1. Factores de estudio

A continuación en la siguiente tabla se muestran los factores de estudio:

**Tabla n° 1:** Factores de estudio que intervienen en la obtención de bioetanol

Factores	Simbología	Descripción
A: Fruta	A <sub>0</sub>	Papaya
	A <sub>1</sub>	Guineo
	A <sub>2</sub>	Piña
B: Porcentaje de levaduras	B <sub>0</sub>	0%
	B <sub>1</sub>	0,5%
	B <sub>2</sub>	1%

Elaborado por: Cobeña, G. (2017)

### 3.5.2. Tratamientos

Las muestras son la miscelánea de los niveles de estudio que se utilizó en la elaboración de bioetanol con la combinación de variedades de frutas tropicales (Papaya, Guineo y Piña), y porcentaje de levadura (0%, 0,50% y 1,00%). A continuación, la tabla n° 2, detalla la combinación de los tratamientos propuestos para la evaluación del proceso fermentativo.

**Tabla n° 2:** descripción de tratamientos estudiados

N°.	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
1	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	PAPAYA + 0%
2	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	PAPAYA + 0.05%
3	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>	PAPAYA + 0,10%
4	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	GUINEO + 0%
5	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	GUINEO + 0,05%
6	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	GUINEO + 0,10%
7	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	PIÑA + 0%
8	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	PIÑA + 0.05%
9	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	PIÑA + 0,10%

Elaborado por: Cobeña, G. (2017)

### 3.5.3. Variable de estudio

- °Brix
- pH
- Turbidez
- °Alcoholicos
- Acidez
- Densidad
- Calor Especifico

## **3.6. Instrumentos de investigación**

### **3.6.1. Método para la obtención del bioetanol**

#### **Recepción:**

Las muestras de papaya, piña y banana fueron peladas picadas y licuadas previamente, las mismas que se obtuvieron de los comerciales del mercado del rio ubicado en la ciudad de Quevedo.

#### **Análisis químicos:**

Se realizó el análisis de pH y °Brix, a la materia prima utilizada para luego ser utilizada en el proceso fermentativo.

#### **Licuido:**

Luego se procedió a licuar la muestra con agua por cada kilogramo y medio de muestra un litro de agua, con la ayuda de un embudo las muestras se receptaron en pomos plásticas.

#### **Inoculación:**

Se añadió la levadura en 0 %, 0,5%, y 1,0% de porcentajes de levadura de *Saccharomyces cerevisiae* en cada recipiente con la muestra se homogeniza para asegurarse que exista una adecuada distribución de la levadura silvestre, esto se realiza a una temperatura de 25°C para la acción de la levadura.

#### **Fermentación:**

Las muestras de las frutas fueron agregadas a pomos esterilizadas, y selladas con globos por un periodo de 5 días.

Este proceso de fermentación es anaeróbico, es decir, se produce en ausencia de oxígeno; colocando un mecanismo para controlar el proceso fermentativo de cada muestra, en esta fase se convierte los azúcares de las frutas tropicales en alcohol etílico.

### **Destilación:**

Las muestras pasan por coladeras para llevar el líquido hasta el destilador, iniciando con una temperatura de 35°, en esta se efectúa la separación de las sustancias que componen la mezcla, mediante vaporización y condensación, aprovechando los puntos de ebullición, el proceso varía en función de la presión, dado como resultado etanol transcurriendo 2 horas hasta su obtención con una temperatura de 70°.

### **Recolección de tratamientos:**

Una vez que se obtiene el etanol por medio de la destilación, se realizó el envasado de 500 ml por cada tratamiento estudiado.

### **Análisis fisicoquímico:**

Con las 18 muestras, se realizan los respectivos análisis a cada muestra, los análisis físicos de: turbidez, densidad, calor específico y los análisis químicos como pH, °Brix, Acidez, y Grados alcohólicos.

### **Análisis de combustión:**

En el último análisis, se destilan todas las muestras, obteniendo una sola muestra destilada como mejor tratamiento se efectuó este análisis combinando el etanol (10%) y gasolina (90%), comprobando en un motor de mecánica de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

## **3.6.2. Análisis físicos-químicos**

### **3.6.2.1. Análisis químicos**

#### **Medición de pH**

Los análisis de pH fueron realizados en el Laboratorio de Operaciones Unitarias con un equipo de nombre “OAKLON” introduciendo el electrodo en cada muestra, y con las tiras de medición de pH para la obtención de los valores de pH de la materia prima.

#### **°Brix**

Los grados Brix se midieron en un Brixómetro “ATAGO” de la materia prima receptada, y del etanol se coloca de una a dos gotas de la muestra y posteriormente se observa el porcentaje que marca el equipo.

#### **La acidez**

Se efectuó por titulación mediante consumo de NaOH (Hidróxido de Sodio) a 0,1 de Normalidad en una muestra de 10 ml del bioetanol extraído, como indicador se utilizó C<sub>20</sub>H<sub>14</sub>O<sub>4</sub> (Fenolftaleína), procedimiento basado en la norma NTE INEN 341 Bebidas alcohólicas. Determinación de la acidez. Mientras que la medición del pH se basó en la norma NTE INEN 0973 (1984), la cual consistió en utilizar un pH-metro, introduciendo el electrodo en la muestra líquida del producto y se empleó la muestra del aceite directamente para llevar a cabo la medición.

#### **Grados alcohólicos**

Se realizó en un equipo llamado Alcoholímetro, se procedió a medir 90ml por cada muestra en una probeta de 100ml, para luego introducir el alcoholímetro en la sustancia y girar el equipo de tal manera que al detenerse poder leer el nivel de grado alcohólico que tiene cada muestra de etanol. Al mejor tratamiento que se obtuvo, se le tomó los °GL en un equipo “AQUEOUS LAB”, un Portable Refractometer, de la siguiente forma: se coloca (1-2 gotas) en el aparato y se procede a visualizar el valor obtenido.

### **3.6.2.2. Análisis físicos**

#### **Densidad**

En la determinación de la densidad de un líquido (etanol) con el método del picnómetro, se necesita la masa del mismo en tres situaciones diferentes. las masas deben determinarse en balanza analítica, los valores que se obtienen son la masa del picnómetro vacío, a continuación la masa del picnómetro con agua y finalmente la masa del picnómetro con la disolución (etanol) con estos 3 datos por cada muestra se procede a colocar en la fórmula, y determinar el valor obtenido de cada tratamiento.

#### **Turbidez**

Este análisis se lo realiza en un equipo “HACH TURBIDIMETER”, el cual nos permite obtener los valores en NTU (Unidad Nefelométrica de Turbidez). Para aquello es encendiendo el equipo, introduciendo en el una muestra de 30 ml de la sustancia, se continúa a presionar “enter” y se espera 60 segundos donde la máquina automáticamente nos brinda el nivel de turbidez del tratamiento.

#### **Calor específico**

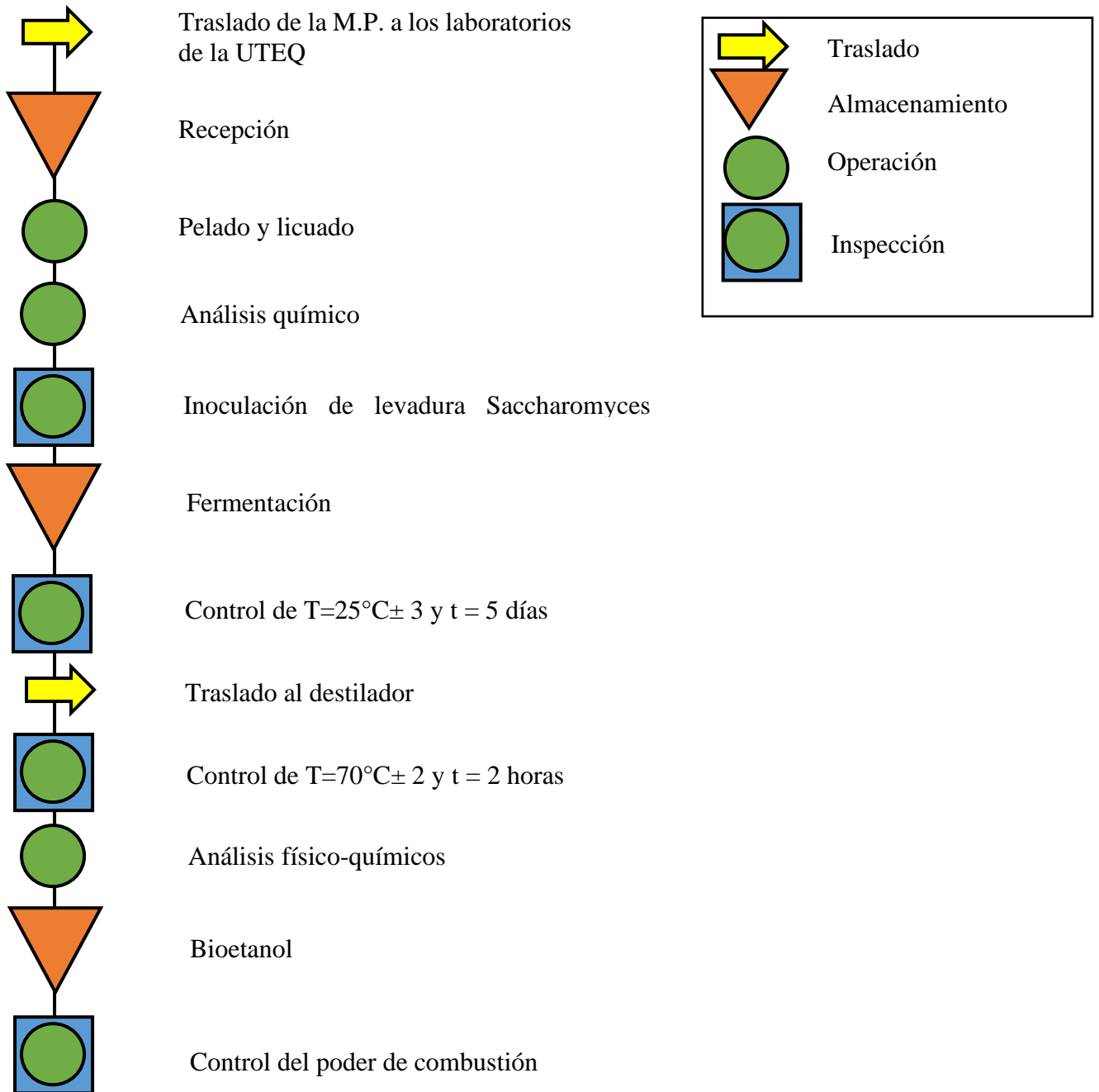
La muestra es medida por una probeta, un valor de 160ml, es colocada en el equipo, donde se encontrara un termómetro el cual sube su temperatura de acuerdo al calor de cada muestra que se mueve constantemente con un agitador, la temperatura debe comenzar en 25°C y llegar máximo a 60°C, la solución, reacciona a 6 voltios, y 1 amperio; que funciona a corriente. Los valores que da la máquina se determina por un cronómetro, que inicia en 0 segundos y termina aproximadamente en 1 hora, a continuación se determina el calor específico por medio de una fórmula física.

#### **Combustión**

El poder de combustión se lo determinó destilando todas las muestras, obteniendo una sola muestra como mejor tratamiento, el cual tuvo 70°GL, se efectuó este análisis combinando el etanol con gasolina y comprobando en un motor de mecánica de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

### 3.6.3. Diagrama de flujo en proceso de obtención de bioetanol

Figura n° 1: diagrama de flujo del proceso de obtención del bioetanol



### **3.7. Tratamientos de los datos**

El análisis estadístico de los resultados obtenidos de las variables de estudio, se realizó mediante un análisis de varianza (ADEVA) y para determinar diferencia significativa se aplicó la prueba de significación Tukey ( $p \leq 0,05$ ), este análisis se realizó en el programa estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI versión 16.2.04.

### **3.8. Recursos Materiales**

Las materias primas y reactivos que se utilizaran durante la ejecución de los experimentos son los siguientes:

- Materia prima (residuos de Papaya, Guineo, Piña)
- Levaduras (0% - 0,01% y 0,05%)

#### **3.8.1. Equipo y Materiales**

Los equipos que se utilizaran en el proceso de elaboración del bioetanol son los siguientes:

- 18 Botellas plásticas (transparente de 5litros)
- Envases
- Lienzos
- 18 Globos para piñata
- Ollas
- Balanza analítica
- Papel para medir pH
- Refractómetro 0-32 °Brix
- Termómetro
- Vaso de Precipitación de 100 mL
- Equipo para medir los ° alcohólicos
- Reactor
- Equipo de mezclado
- Equipo de destilación
- Botellón de agua
- 1 Cocina con 4 hornillas
- Tamiz de malla # 10 con 1,651 micras

**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1. Resultados Obtenidos

### 4.1.1. Resultados del análisis de varianza de las variables estudiadas.

#### 4.1.1.1. Análisis de Varianza de °Brix

A continuación, se presenta el análisis de varianza realizado a los resultados de °Brix

**Tabla n° 3:** análisis de varianza para el ° Brix en el Bioetanol

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Fruta	235,861	2	117,931	13,41	<b>0,0028</b>
B: Porcentaje de levadura	16,4444	2	8,22222	0,93	0,4317
C:Replicas	29,3889	1	29,3889	3,34	0,1050
INTERACCIONES					
AB	36,2222	4	9,05556	1,03	0,4481
RESIDUOS	70,3611	8	8,79514		
TOTAL (CORREGIDO)	388,278	17			

Elaborado por: Cobeña, G. (2017)

**Interpretación:** en la tabla n°3 se observó diferencia significativa en el factor A (Fruta), mientras que en el factor B (Porcentaje de levadura) y en la interacción AxB (Fruta vs Porcentaje de levadura) no existe diferencia significativa.

#### 4.1.1.2. Análisis de Varianza de pH

En la siguiente tabla, se observa el análisis de varianza realizado a los resultados de pH

**Tabla n° 4 :** análisis de varianza para el pH en el Bioetanol

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Factor A	3,0	2	1,5	12,00	<b>0,0039</b>
B:Factor B	0	2	0	0,00	1,0000
C:Replicas	0,5	1	0,5	4,00	0,0805
INTERACCIONES					
AB	0	4	0	0,00	1,0000
RESIDUOS	1,0	8	0,125		
TOTAL (CORREGIDO)	4,5	17			

Elaborado por: Cobeña, G. (2017)

**Interpretación:** respecto a los resultados obtenidos en el análisis de varianza efectuado al pH, se observó diferencia significativa en el factor A (Fruta), mientras que, en el factor B (Porcentaje de levadura) y en la interacción AxB (fruta vs Porcentaje de levadura) no presento diferencia significativa.

#### 4.1.1.3. Análisis de Varianza de turbidez

**Tabla n° 5:** análisis de varianza para turbidez en el Bioetanol

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Factor A	115,671	2	57,8353	4,81	0,0425
B:Factor B	0,721033	2	0,360517	0,03	0,9706
C:Replicas	4,18569	1	4,18569	0,35	0,5715
INTERACCIONES					
AB	31,5679	4	7,89198	0,66	0,6391
RESIDUOS	96,2188	8	12,0274		
TOTAL (CORREGIDO)	248,364	17			

Elaborado por: Cobeña, G. (2017)

**Interpretación:** de acuerdo a la tabla n° 5 se pudo observar que no existe diferencia en el factor B (porcentaje de levadura) y en la interacción AxB mientras que en el factor A (Fruta) si existió diferencia significativa.

#### 4.1.1.4. Análisis de Varianza de °Alcoholicos

En la siguiente tabla, se observa el análisis de varianza efectuado a los °alcohólicos

**Tabla n° 6:** análisis de varianza para °alcoholicos en el Bioetanol

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Factor A	348,111	2	174,056	10,02	0,0066
B:Factor B	93,4444	2	46,7222	2,69	0,1279
C:Replicas	4,5	1	4,5	0,26	0,6245
INTERACCIONES					
AB	66,5556	4	16,6389	0,96	0,4799
RESIDUOS	139,0	8	17,375		
TOTAL (CORREGIDO)	651,611	17			

Elaborado por: Cobeña, G. (2017)

**Interpretación:** En la tabla n° 6 se observó que existe diferencia significativa solo en el factor A (Fruta) por lo que, en el Factor B (porcentaje de frutas) y la interacción AxB no existió diferencia significativa.

#### 4.1.1.5. Análisis de Varianza de acidez

A continuación, se observa el análisis de varianza efectuado a la acidez

**Tabla n° 7:** análisis de varianza para la acidez en el Bioetanol

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Factor A	0,160595	2	0,0802977	5,01	0,0389
B:Factor B	0,0736921	2	0,0368461	2,30	0,1627
C:Replicas	0,0186245	1	0,0186245	1,16	0,3126
INTERACCIONES					
AB	0,0349092	4	0,00872731	0,54	0,7086
RESIDUOS	0,128281	8	0,0160351		
TOTAL (CORREGIDO)	0,416102	17			

Elaborado por: Cobeña, G. (2017)

**Interpretación:** en lo que respecta al análisis de varianza realizado a los resultados de densidad en el bioetanol, no se observó diferencia en el factor B (porcentaje de levadura) y la interaccion AxB, mientras que el factor A (Fruta) si presentó diferencia significativa.

#### 4.1.1.6. Análisis de Varianza de densidad

En la siguiente tabla, se observa el análisis de varianza realizado a la densidad

**Tabla n° 8:** análisis de varianza para la densidad en el Bioetanol

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Factor A	0,000430786	2	0,000215393	9,84	0,0070
B:Factor B	0,000235756	2	0,000117878	5,38	0,0330
C:Replicas	0,0000995931	1	0,0000995931	4,55	0,0655
INTERACCIONES					
AB	0,00064995	4	0,000162487	7,42	0,0084
RESIDUOS	0,000175193	8	0,0000218991		
TOTAL (CORREGIDO)	0,00159128	17			

Elaborado por: Cobeña, G. (2017)

**Interpretación:** respecto a los resultados de la tabla n° 8, se observó diferencia significativa en el factor A (Fruta), en el factor B (Porcentaje de Levadura) y también en la interacción AxB (Fruta vs Porcentaje de levadura)

#### 4.1.1.7. Análisis de Varianza de calorimetría

A continuación, se observa el análisis de varianza de calorimetría

**Tabla n° 9:** análisis de varianza para calorimetría en el Bioetanol

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Factor A	7,29938	2	3,64969	134,66	0,0000
B:Factor B	1,69103	2	0,845516	31,20	0,0002
C:Replicas	0,0360872	1	0,0360872	1,33	0,2818
INTERACCIONES					
AB	2,40153	4	0,600384	22,15	0,0002
RESIDUOS	0,216822	8	0,0271027		
TOTAL (CORREGIDO)	11,6449	17			

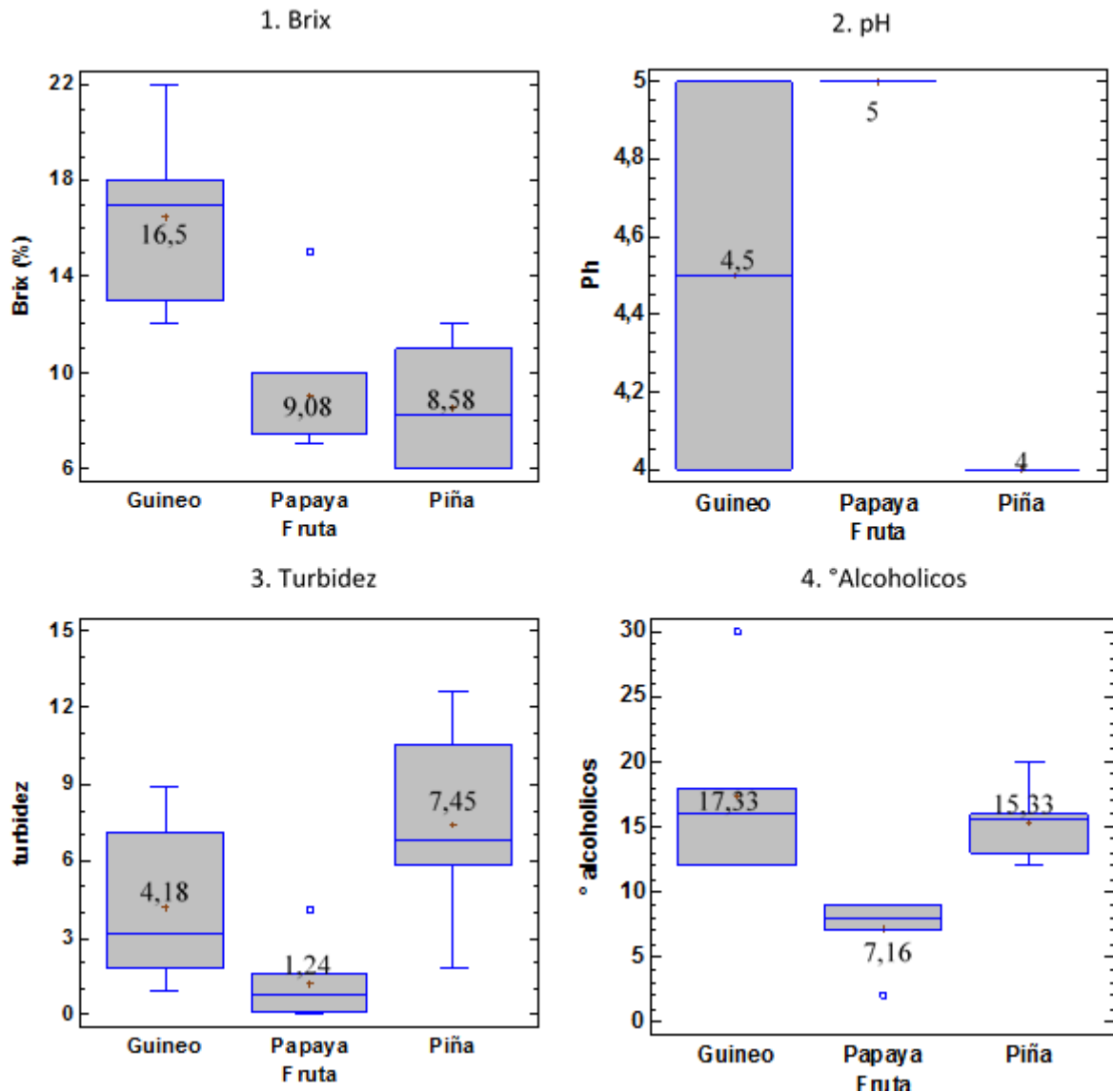
Elaborado por: Cobeña, G. (2017)

**Interpretación:** de acuerdo a los resultados de la tabla n° 9, presento diferencia significativa en el factor A (fruta), en el factor B (Porcentaje de Levadura) y en la interacción AxB (Fruta vs Porcentaje de levadura)

#### 4.1.2. Resultados de la prueba de significación (Tukey p 0,05) con respecto a los factores de estudio para los análisis fisicoquímicos

##### 4.1.2.1. Resultados con respecto al factor A (Fruta)

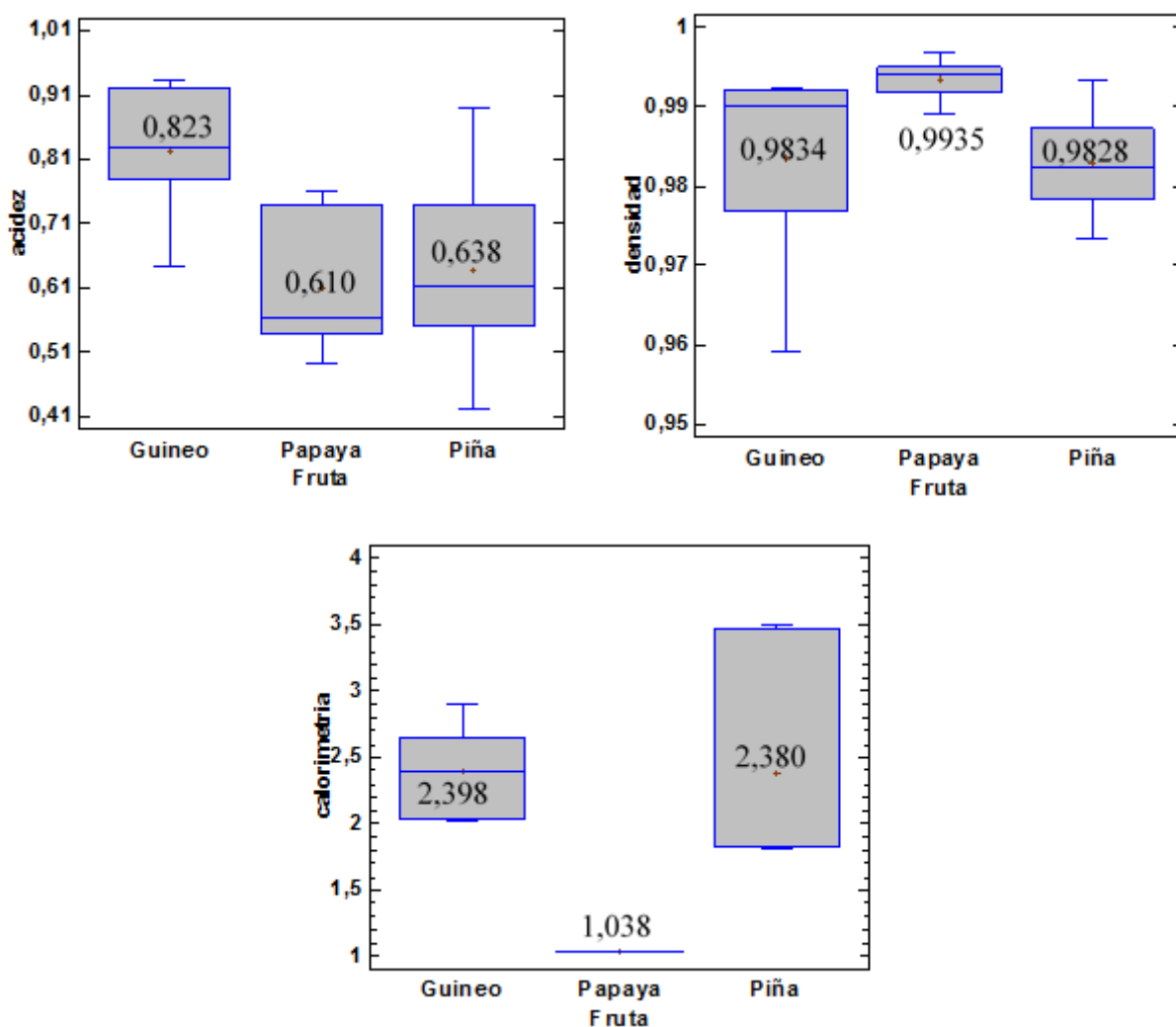
**Grafica n° 1:** resultados de diferencia de medias entre los tipos de fruta (papaya, guineo y Piña) en la prueba de significación Tukey ( $p < 0,05$ ). 1. °brix; 2. pH; 3. Turbidez; 4. ° Alcohólicos.



Elaborado por: Cobeña, G. (2017)

**Interpretación:** En la gráfica n° , presentó diferencia significativa en los °Brix, en donde el valor mayor estuvo presente en a1 (guineo = 16,5) y con un valor menor en a2 (piña = 8,58); en lo que respecta al pH, la papaya presentó el valor más elevado con una media de 5 mientras que la piña obtuvo una media de pH de 4 siendo el valor más bajo; en los resultados de turbidez, se presentó diferencia significativa, en donde la piña obtuvo el valor más relevante (7,45 NTU) mientras que la papaya obtuvo 1,24 NTU siendo el valor menor y en lo que respecta a los ° alcohólico, el guineo presentó mayor cantidad de grados alcohólicos con 17,33 GL y como menor valor la papaya con un contenido de alcohol de 7,16 GL.

**Grafica n° 2:** resultados de diferencia de medias entre los tipos de fruta (papaya, guineo y Piña) en la prueba de significación Tukey ( $p < 0,05$ ). 1. Acidez; 2. Densidad; 3. Calorimetria.

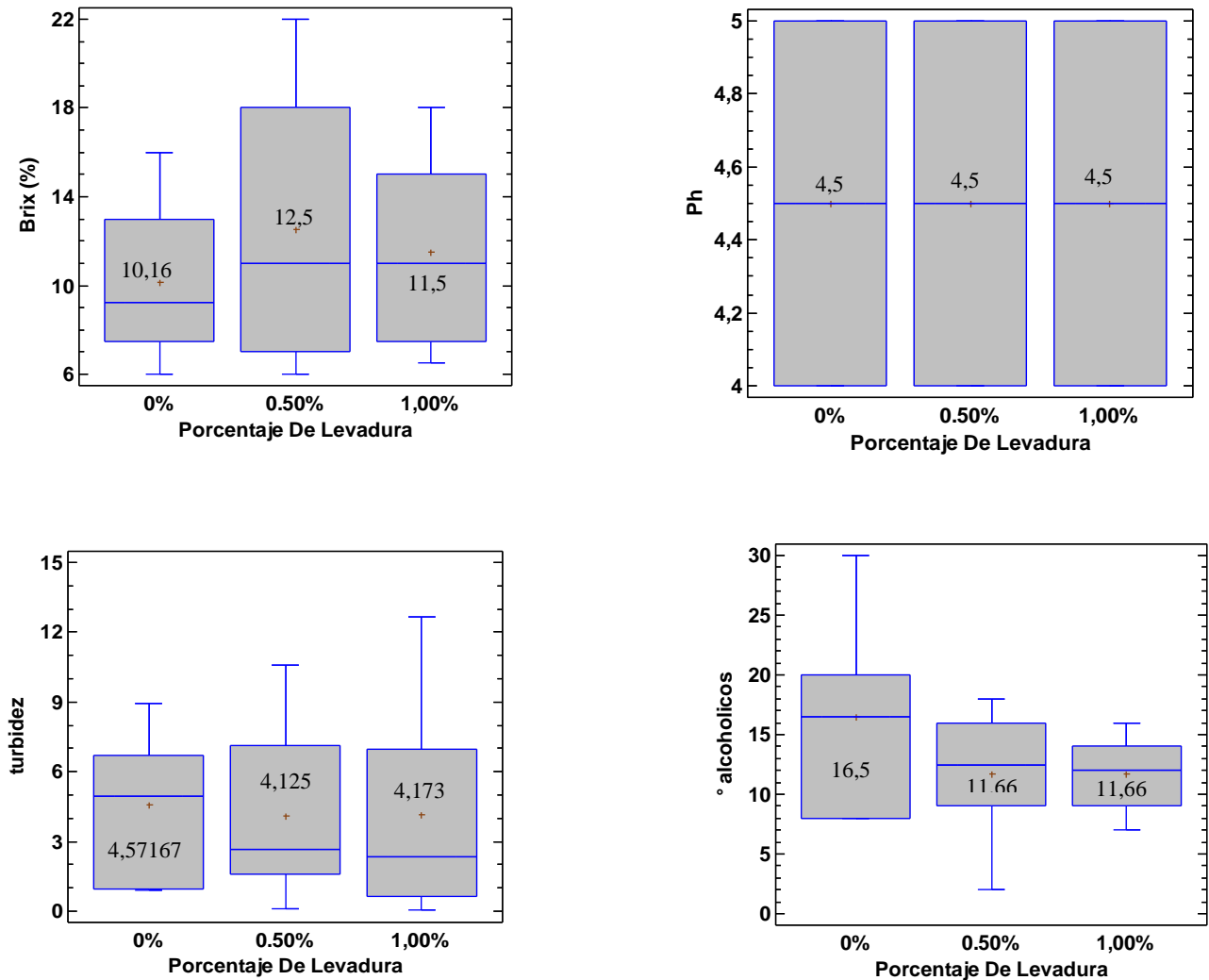


Elaborado por: Cobeña, G. (2017)

**Interpretación:** en el grafico n° 2, presento diferencia significativa en acidez, encontrando el valor más alto en a1 (Guineo = 0,823), mientras que el valor más bajo se lo obtuvo en a0 (Papaya = 0,610) , en cuanto a la densidad se encontró diferencia significativa en las variables donde el valor más alto se lo encontró en el factor a0 (Papaya= 0,9935) teniendo el valor más bajo el factor a2 (Piña = 0,9828) en los análisis de calorimetría también se encontró diferencia significativa entre sus valores, donde el factor a0 tuvo los valores más bajos (Papaya = 1,038) y los más alto a1 (Guineo = 2,398).

### 4.1.2.2. Resultados con respecto al factor B (% de levadura)

**Grafica n° 3:** resultados de diferencia de medias entre el porcentaje de levadura (0%, 0,50% y 1%) en la prueba de significación Tukey ( $p < 0,05$ ). 1. Brix; 2. pH; 3. Turbidez; 4. °Alcoholicos

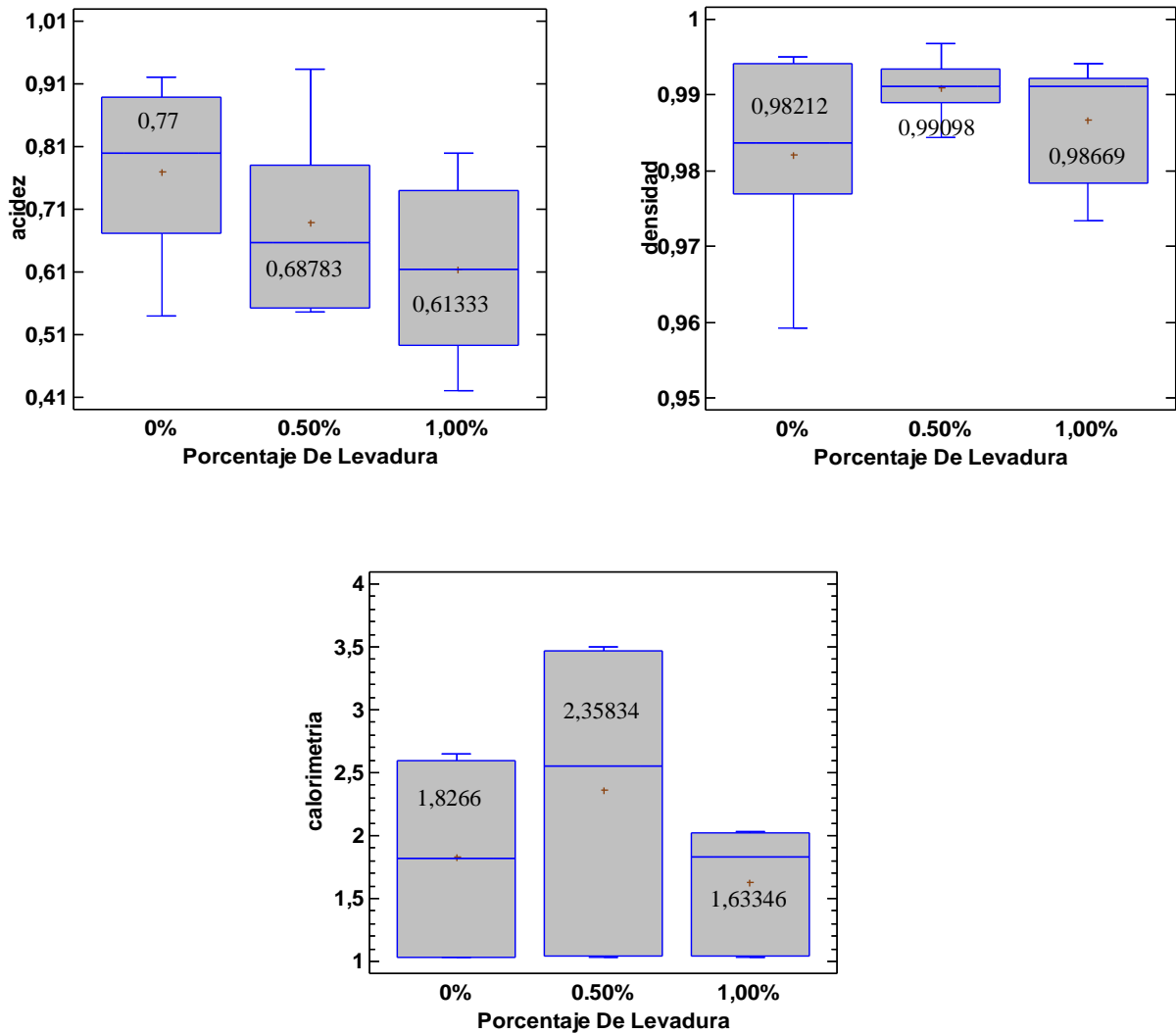


Elaborado por: Cobeña, G. (2017)

**Interpretación:** En la gráfica n° 3, no se observó diferencia significativa en los °Brix, en donde el valor mayor estuvo presente en porcentaje 0,50 % de levadura  $b_1$  (0,50% = 12,5) obteniendo el valor más bajo en  $b_0$  (0% = 10,16); en cuanto al pH, tampoco se presentó diferencia significativa en las variables, obteniendo valores iguales en los resultados evaluados; en los resultados de turbidez, no presentó diferencia significativa, en donde el porcentaje de 0% de levadura presento en valor más alto (4,57167 NTU).

Mientras que el más bajo lo tuvo el porcentaje de 0,50% (4,125 NTU) en lo que respecta a los ° alcohólicos, el valor más alto se presentó en b1 (0% = 16,5) de grados alcohólicos, mientras que en b<sub>1</sub> (0,50%) y b<sub>2</sub> (1,00%) presentaron los mismos valores 11,66 GL.

**Grafica n° 4:** resultados de diferencia de medias el porcentaje de levadura (0%, 0,50% y



1%) en la prueba de significación Tukey ( $p < 0,05$ ). 1. Acidez; 2. Densidad; 3. Calorimetría

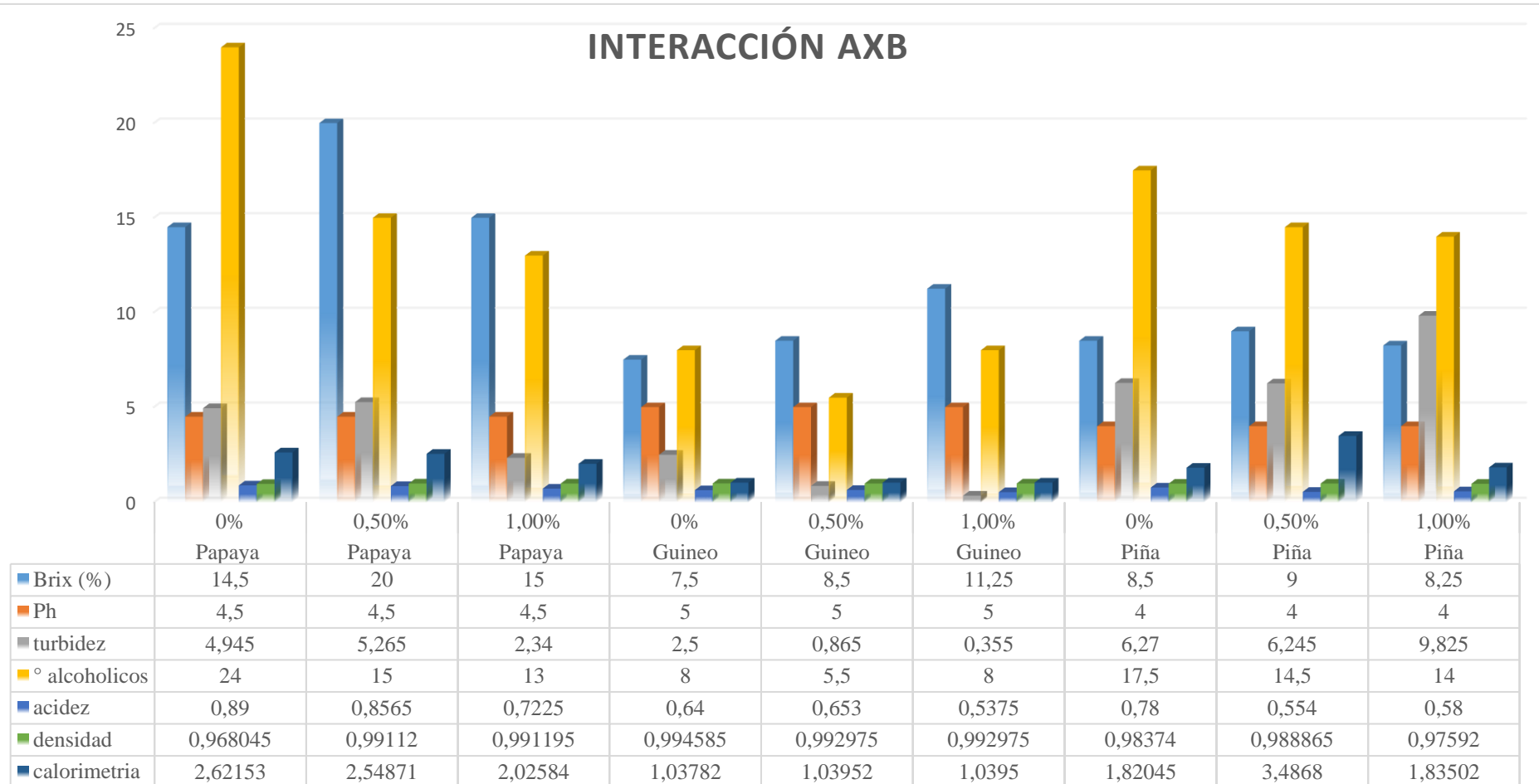
Elaborado por: Cobeña, G. (2017)

**Interpretación:** en el grafico n°4, no presento diferencia significativa en acidez, encontrando el valor más alto en b<sub>0</sub>, con el porcentaje de levadura 0%, mientras el valor más bajo se lo obtuvo en la variable b<sub>2</sub>= 1,00% de levadura.

En lo que respecta a los análisis de densidad se encontró diferencia significativa en las variables donde el valor más alto se lo encontró en la variable  $b_1$  (0,50% = 0,99098), teniendo el valor más bajo la variable  $b_0$  (0% = 0,9821), en calorimetría también se encontró diferencia significativa entre sus valores, donde la variable  $b_1$  tuvo los valores más altos (0,50% = 2,3583) y los más bajos  $b_2$  (1,00% = 1,6334).

### 4.1.2.3. Resultados con respecto a la interacción AxB

Grafica n° 5: Representación de las medias de la interacción AxB (variedades vs Extracción)



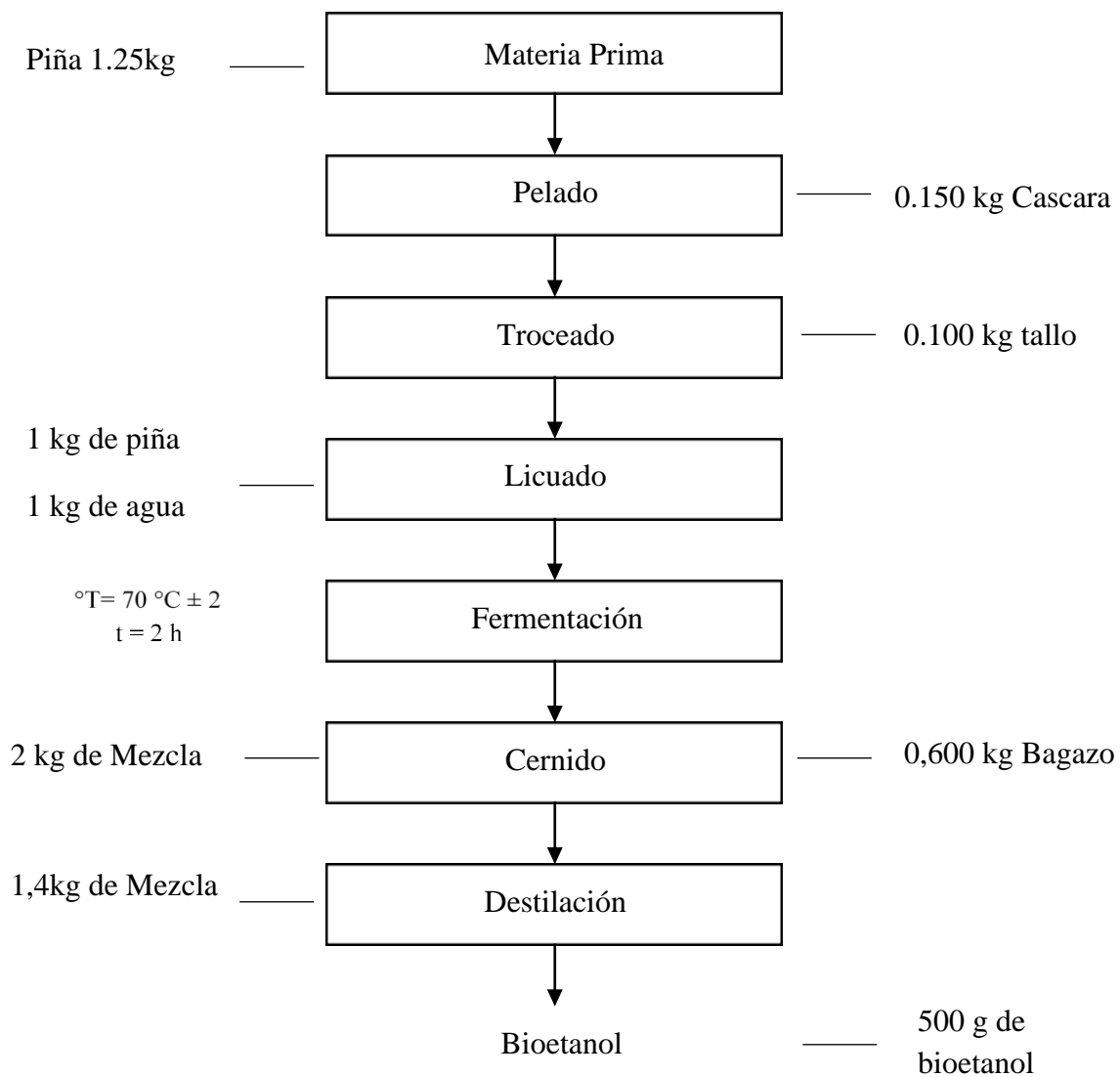
Elaborado por: Cobeña G. (2017)

**Interpretación:** la Grafica muestra los resultados de la prueba de significación Tukey ( $p < 0,05$ ) aplicados a la Interacción AxB (Fruta vs Porcentaje de levadura) en las siguientes variables: Con respecto a los °Brix no presentó diferencia significativa, destaco como valor mayor (20 °brix) en la interacción  $a_0b_1$  (Papaya vs 0,50%) y en menor valor (7,5 °brix) la interacción  $a_1b_0$  (Guineo vs 0%); en relación al pH, no se observó diferencia significativa entre las medias de las interacciones, presentando valores de pH en las interacciones que van desde 4 hasta 5; De acuerdo a los valores de Turbidez, no presentó diferencia significativa, en el cual destaca como mayor valor (9,825 NTU) la interacción  $a_2b_2$  (Piña vs 1%) y en menor valor (0,355 NTU) la interacción  $a_1b_2$  (Guineo vs 1%); En los ° Alcohólicos, no se observó diferencia significativa, en donde el valor mayor (24 GL) lo obtuvo la interacción  $a_0b_0$  (Papaya vs 0%) y la interacción  $a_1b_1$  (Guineo vs 0,5%) presento el valor menor con 5,5 GL; Con respecto a la Acidez, no se observó diferencia obteniendo como valor más elevado (0,89 %) la interacción  $a_0b_0$  (Papaya vs 0%) y la interacción  $a_1b_2$  (Guineo vs 1%) presento el menor valor con una acidez de 0,5375 %; En lo que respecta a Densidad, si se observó diferencia significativa, en donde la interacción  $a_1b_0$  (Guineo vs 0%) presento la densidad más alta (0,994585 g/cc) y la interacción  $a_0b_0$  (Papaya vs 0%) presento la densidad más baja (0,968045 g/cc); de acuerdo a los resultados de calorimetría, si presento diferencia significativa, donde la interacción  $a_2b_1$  (Piña vs 0,5%) obtuvo el valor mayor (3,4868) y como menor valor (1,03782) la interacción  $a_1b_0$  (Guineo vs 0%)

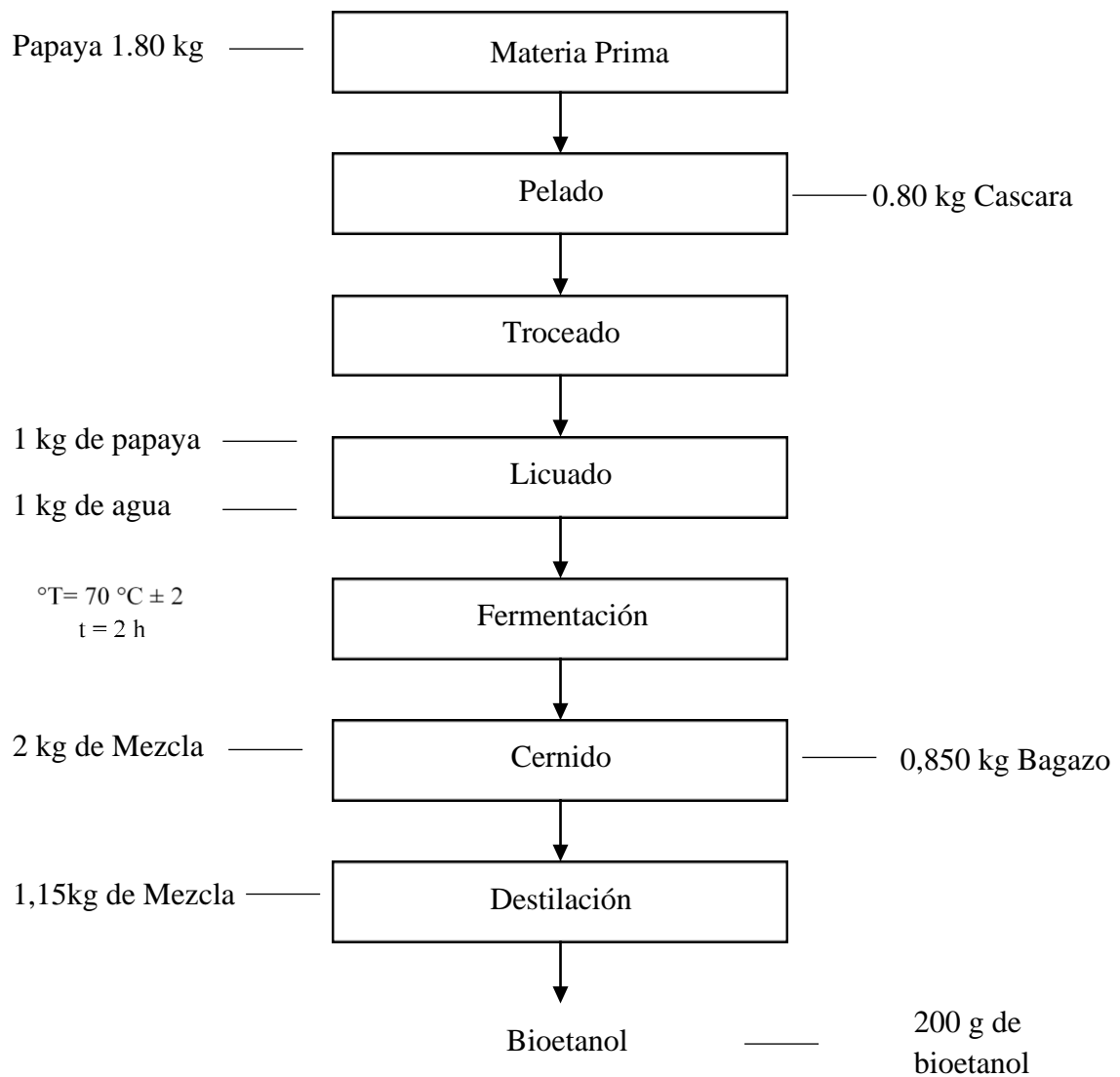
### 4.1.3. Balance de Materia al proceso de obtención de bioetanol

En la siguiente figura se muestra el balance de materia de la obtención de bioetanol

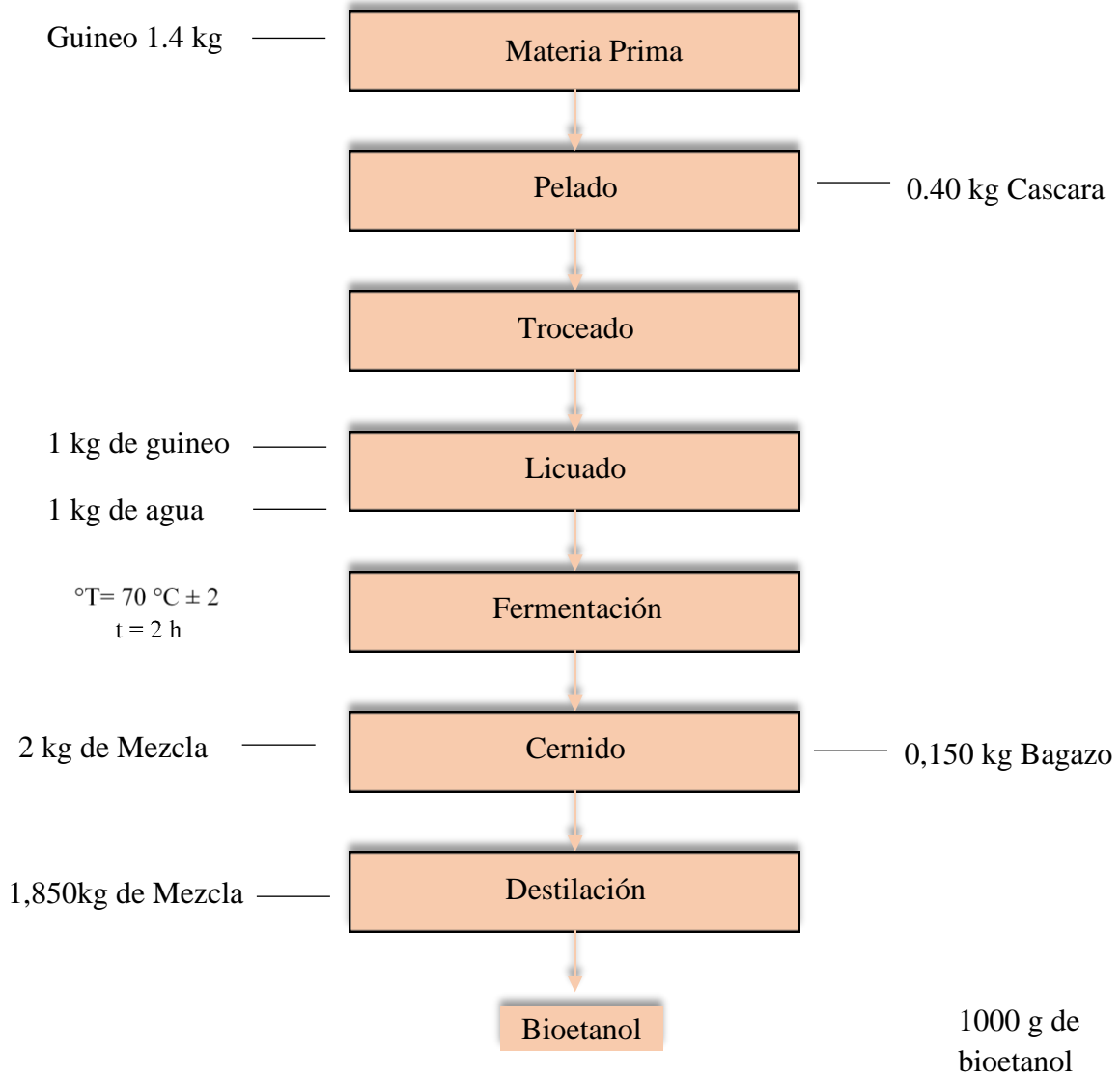
**Figura n° 2:** Balance de materias del proceso de obtención de bioetanol a partir de piña con 0% de levadura.



**Figura n° 2:** Balance de materias del proceso de obtención de bioetanol a partir de papaya con 0,50 % de levadura



**Figura n° 3:** Balance de materias del proceso de obtención de bioetanol a partir de guineo con 0,50 % de levadura



### 4.1.3.1. Rendimiento

A continuación, se presenta la fórmula utilizada para calcular el rendimiento final en el proceso de obtención de bioetanol

$$R = \left( \frac{Pf}{Pi} \right) * 100\%$$
$$R = \left( \frac{500 \text{ g}}{2000 \text{ g}} \right) * 100\%$$
$$R = 25\%$$

**Donde:**

R: Rendimiento

Pf: Peso Final

Pi: Peso Inicial

**Tabla n° 10:** Rendimiento en base del peso de la muestra adicionando agua

Tratamientos	Muestra (g)	Bioetanol (g)	% de rendimiento
aob <sub>0</sub>	2000	200	10
aob <sub>1</sub>	2000	230	11,5
aob <sub>2</sub>	2000	220	11
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	2000	900	45
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	2000	1000	50
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	2000	940	47
a <sub>2</sub> b <sub>0</sub>	2000	500	25
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	2000	450	22,5
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	2000	435	21,7

Elaborado por: Cobeña, G. (2017)

**Interpretación:** en la tabla n° 10, se observó el rendimiento de cada uno de los tratamientos, en donde el tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>1</sub> (guineo vs levadura al 0,5%) presento la mayor cantidad de bioetanol extraído (1000g) y el tratamiento aob<sub>0</sub> (papaya vs levadura 0%) presento la menor cantidad de bioetanol (200).

## 4.2. Discusión

### Con respecto al factor A (frutas).

De acuerdo a los resultados de °Brix, la papaya ( $a_0 = 9,08$ ) y la piña ( $a_2 = 8,58$ ) están dentro de los rangos establecidos (máx. 15 °brix) por Zapata, Ana María y Peláez, Carlos. (2010) . en su estudio de producción en continuo de etanol a partir de banano de rechazo (cascara y pulpa) empleando células inmovilizadas [18]; mientras que el factor  $a_1$  (guineo) presentó un ligero valor elevado (16,5 °brix) a los establecidos por Zapata, Ana María y Peláez, Carlos. (2010), esto quiere decir no se cumplió totalmente con el proceso fermentativo.

En relación al pH el guineo ( $a_1 = 4,5$ ) y la piña ( $a_2 = 4$ ) se encuentran dentro de los rangos establecidos, (max 4,8 pH ) por Carvalho Junior, Armando Mariante; Maciel Ramundo, Julio Cesar; de Siqueira Cavalcanti, Carlos Eduardo ; de Sá Campello Faveret Filho (supervisión), Paulo ; Pfefer (supervisión), Nelson Isaac; Silveira da Rosa, Sergio Eduardo ; Milanez, Artur Yabe; Galvão, Antonio Carlos; Poppe , Marcelo Khaled. En su evaluación de Bioetanol de caña de azúcar energía para el desarrollo sostenible; Capítulo 5 Tecnologías avanzadas en la agroindustria de la caña de azúcar [24]. Mientras que el factor  $a_0$  Papaya = 5) se encuentra fuera del rango debido a que la Papaya contiene mayor contenido de iones de hidrogeno por lo cual debe llevarse a un proceso de estabilización, en cuanto a los valores de ph dados por Goya Baquerizo Mariuxi Jessenia. En su Obtención de una bebida alcohólica a partir de mucílago de cacao, mediante fermentación anaerobia en diferentes tiempos de inoculación [19]. nos dice que el valor max es de 4,33 dejando al factor  $a_2$  (Piña = 4) dentro de los rangos, mientras que los factores  $a_0$  y  $a_1$  contienen valores más elevados en comparación a la investigación referente.

En lo que respecta a Turbidez, el factor  $a_0 =$  Papaya (1,24 NTU) y  $a_1 =$  Guineo (4,18 NTU) están cerca de los rangos establecidos por por Zúñiga, Vanessa. (2013), en Caracterización ambiental de las vinazas de residuos de caña de azúcar resultantes de la producción de etanol [25]. en donde menciona que el puno de turbidez obtenido en su investigación es de Max 4,745 NTU, mientras que  $a_2 =$  piña (7,45 NTU) está por encima de este rango por lo que al momento de la destilación se presentó contaminación.

En cuanto a los resultados de °GL el factor  $a_0$  (papaya = 7,16) se encuentra dentro de los parámetros establecidos por Vázquez, H.J, & Dacosta, O. En su evaluación de Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas [21]. Donde nos dice que los valores alcohólicos tienen un rango de ( 8 – 12 °GL max), mientras que el factor  $a_1$  (guineo = 17,33), y  $a_2$  (Piña = 15,33) no se encuentran dentro de los rangos establecidos, ya que la degradación de los azúcares de estas frutas fue en mayor porcentaje.

En los valores obtenidos en el análisis de acidez en base a los datos de Goya Baquerizo, Mariuxi Jessenia en su Obtención de una bebida alcohólica a partir de mucílago de cacao, mediante fermentación anaerobia en diferentes tiempos de inoculación [19]. Donde presenta que los valores de acidez Max son 1,14 mg, se considera que los factores estudiados en esta investigación obtienen valores de acidez dentro del rango establecido en  $a_0$  ( Papaya = 0,610 ),  $a_1$  ( Guineo = 0,823 ),  $a_2$  ( piña = 0,638 ).

En los resultados de densidad los factores papaya ( $a_0 = 0,9935$ ) guineo (  $a_1 = 0,9834$ ) y piña ( 0,9828) muestran valores alterados a los especificados en la norma de densidad (max 0,792) establecido por Carvalho Junior, Armando Mariante; Maciel Ramundo, Julio Cesar; de Siqueira Cavalcanti, Carlos Eduardo ; de Sá Campello Faveret Filho (supervisión), Paulo ; Pfefer (supervisión), Nelson Isaac; Silveira da Rosa, Sergio Eduardo ; Milanez, Artur Yabe; Galvão, Antonio Carlos; Poppe , Marcelo Khaled (2008) en su evaluación de Bioetanol de caña de azúcar energía para el desarrollo sostenible; Capítulo 2 (etanol como combustible vehicular) [20] , esto quiere decir que en base a esta investigación el bioetanol extraído a partir de estas tres frutas tropicales no obtuvo mayor contenido alcohólico, ya que a mayor °GL menor densidad, mientras que basado en la investigación por Zapata, Ana María y Pelaez Carlos.(2010), en su estudio de producción en continuo de etanol a partir de banano de rechazo (cascara y pulpa) empleando células inmovilizadas [15].

Los resultados de los factores se encontraron dentro del rango que establece el mismo (1,05 max). En relación al calor específico los factores  $a_0$  (Papaya = 1,038)  $a_1$  (Guineo = 2,398) y  $a_2$  (Piña = 2,380) kJ/kg, presenta valores relativamente bajos en comparación con el valor expuesto en el artículo investigado por Carvalho Junior, Armando Mariante; Maciel Ramundo, Julio Cesar; de Siqueira Cavalcanti, Carlos Eduardo ; de Sá Campello Faveret Filho (supervisión), Paulo ; Pfefer (supervisión), Nelson Isaac; Silveira da Rosa, Sergio

Eduardo ; Milanez, Artur Yabe; Galvão, Antonio Carlos; Poppe , Marcelo Khaled (2008) [20], donde expone que el valor máximo del calor específico es de 28,225 kJ/kg

Dando así que los valores que se obtuvieron como resultados se encuentran dentro del rango establecido, en cuanto a la relación con el artículo Colombia en la era carburante, de Cortes Marín, Elkin; González Sánchez, Hugo; Álvarez Mejía, Fernando [21] nos indica que el valor de calor específico máximo es de 2,386 kJ/kg donde los valores de los factores a0 (papaya = 1,038 ) y a2 (piña = 2,380) sí se encuentran dentro del rango establecido mientras que a1 (guineo = 2,398 ) refleja una pequeña alteración en su resultado concluyendo que no se encuentra dentro del rango establecido, esto quiere decir que la reducción del calor específico es debido al contenido de oxígeno en la estructura de las frutas (guineo) que componen el bioetanol y, por tanto, el porcentaje de carbono es menor que en el combustible de diésel comercial.

### **Con respecto al factor b (porcentaje de levaduras)**

En la evaluación de los grados brix referente al porcentaje de levadura añadido a la muestra tenemos que b0 (0% = 10,16) b1 (0,50% = 12) y b2 (1,00% = 11,50) se encuentran dentro del rango de valores establecidos por Zapata, Ana María y Peláez, Carlos. (2010) [18]. En su estudio de producción en continuo de etanol a partir de banano de rechazo (cáscara y pulpa) empleando células inmovilizadas, donde nos describe que el rango máximo de ° Brix es de (15,5).

En cuanto a los valores de pH (4,8 max) establecidos por Carvalho Junior, Armando Mariante; Maciel Ramundo, Julio Cesar; de Siqueira Cavalcanti, Carlos Eduardo ; de Sá Campello Faveret Filho (supervisión), Paulo ; Pfefer (supervisión), Nelson Isaac; Silveira da Rosa, Sergio Eduardo ; Milanez, Artur Yabe; Galvão, Antonio Carlos; Poppe , Marcelo Khaled. En su evaluación de Bioetanol de caña de azúcar energía para el desarrollo sostenible; Capítulo 5 Tecnologías avanzadas en la agroindustria de la caña de azúcar [24], se considera que los datos obtenidos en los factores b0 (0% = 4,5), b1 (0,50%=4,5) y b2 (1,00%=4,5) se encuentran dentro de los parámetros.

Los valores de turbidez obtenidos en los factores b0 (0% = 4,571) b1 (0,50% = 4,125) y b2 (1,00 = 4,173). Se encontraron dentro de los valores establecidos por Zúñiga, Vanessa. (2013), en Caracterización ambiental de las vinazas de residuos de caña de azúcar resultantes de la producción de etanol, [25] donde establece que el valor máximo de turbidez es 4,745 NTU.

En base al ° GL obtenidos los factores b1 (0,50% = 11,66) y b2 (1,00% = 11,66) se encontraron dentro de los rangos establecidos por Vázquez, H.J, & Dacosta, O. en su evaluación de Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas, [21]. Donde expone que los valores van de (8 a 12 °GL max.), mientras que el factor b0 (0% = 16,5), se encuentra fuera del rango establecido, teniendo en consideración que la levadura en menor proporción deja la desnaturalización de los azúcares en mayor proporción.

De acuerdo a los valores de acidez obtenidos en el producto final b0 (0% = 0,77) b1 (0,50% = 0,68) y b2 (1,00% = 0,61) nos dice que se encuentran dentro del rango establecido por Goya Baquerizo, Mariuxi Jessenia en su Obtención de una bebida alcohólica a partir de mucílago de cacao, mediante fermentación anaerobia en diferentes tiempos de inoculación, [19]. Donde expone que el valor máx. de acidez es de 1,14.

Referente a los valores obtenidos mediante los análisis de densidad en los factores b0 (0% = 0,982) b1 (0,50% = 0,990) y b2 (1,00% = 0,986), nos dice que se encuentran dentro del rango establecidos (1,05 máx.) por Zapata, Ana María y Pelaez Carlos. (2010), en su estudio de producción en continuo de etanol a partir de banano de rechazo (cascara y pulpa) empleando células inmovilizadas, [18].

De acuerdo a Cortes Marín, Elkin; González Sánchez, Hugo; Álvarez Mejía, Fernando; en el artículo Colombia en la era carburante, [23]. Se establece que los valores obtenidos en esta investigación se encuentran dentro del rango establecido (2,386 kJ/kg), teniendo en los factores los valores de b0 (0% = 1,826), b1 (0,50% = 2,358) y b2 (1,00% = 1,633).

**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones:

- En lo que respecta a las frutas evaluadas en la obtención de bioetanol, se concluye que el Guineo (a1) obtuvo mejores características físico-químicas en el bioetanol obtenido destacando en las siguientes variables: °brix (16,5), Densidad (0,9834 g/cc), Calor específico (2,398 kJ/ kg), °alcoholicos (17,33 GL), Acidez (0,820)
- En los porcentajes de levaduras que fueron estudiados *Saccharomyces cerevisiae* (0%, 0,50% y 1,00%), se concluye que todos los factores estudiados contienen las características necesarias para obtener un proceso óptimo, en cuanto a referencia con las bibliografías evaluadas, de las cuales se hace comparación con los estudios de otras frutas en base a los rangos establecidos encontrando diferencia significativa en la variable de densidad y calor específico, obteniendo con la densidad óptima a la relación con el porcentaje del 0% de levadura, ya que a menor densidad, se obtendrá un bioetanol de mejor calidad, mientras que en la relación con el calor específico, el valor más óptimo es el 0,50 % de levadura, obteniendo en valor más alto de calor específico, concluyendo así que en base a este estudio el porcentaje más óptimo es el 0,50 % el cual refleja los resultados con las mejores características para el producto final
- Mediante el balance de material que se realizó se concluyó que el factor a1 en interacción con b1 (guineo vs levadura al 0,50%) presentó la mayor cantidad de bioetanol extraído, (1000g) mientras que el rendimiento más bajo se lo obtuvo en la interacción a0b0 (papaya vs levadura al 0%), concluyendo que le guineo + 0,50 % de levadura es la interacción más óptima.

## 5.2. Recomendación

- La utilización del guineo, ya que en los análisis este presentó las mejores características en todas las variables estudiadas en especial en los sólidos solubles, la cual genera mayor cantidad de alcohol en la degradación de los azúcares.
- Adicionar el factor b1 (0,50 %) de levadura ya que en el estudio el valor aprobado para la obtención del producto de mejor calidad fue este, sin embargo vale destacar que en comparación con los rangos establecidos en la bibliografía de discusión los tres factores se encuentran con las características óptimas para ser recomendados.
- De acuerdo al análisis del balance de materiales se recomienda la utilización de la interacción a1b1 (guineo = 50% levadura), ya que se obtuvo mayor cantidad de bioetanol.

**CAPITULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

## Bibliografía

- [1] S. H. Mohd Azhar, R. Abdulla, S. A. Jambo, H. Marbawi, J. A. Gansau, A. A. Mohd Faik y K. F. Rodrigues, «Levaduras en la producción de bioetanol sostenible: Una revisión,» *Accepted Manuscript*, 2017.
- [2] E. Salinas Callejas y V. Gasca Quezada, «Los biocombustibles,» *El Cotidiano*, 2009.
- [3] J. Rodríguez Cabello, Y. Díaz Hernández, A. Pérez González, Z. N. Cruz y P. Rodríguez Hernández, «Evaluación de la calidad y el rendimiento en papaya silvestre (*Carica papaya* L.) de Cuba,» versión impresa ISSN 0258-5936, La Habana, 2014.
- [4] b. G. Cáez, G. López, L. A. Ramírez a y G. Beltrán b, «Análisis morfométrico y evaluación de la continuidad estructural tisular de la progresión de la senescencia en papaya cortada fresca (*Carica papaya* L.),» *Revista de Ingeniería de Alimentos*, vol. 216, 2017.
- [5] F. Santamaría Basulto, R. Díaz Plaza, E. Sauri Duch, F. Espadas, Gil, A. Larqué saavedra y J. M. Santamaría Fernández, «Características de calidad de frutos de papaya maradol en la madurez de consumo,» versión impresa ISSN 0568-2517, Mexico, 2009.
- [6] . C. Pérez , «Papaya: beneficios y propiedades,» *Natursan*, 2008-2017.
- [7] M. Alonso, E. Farrés, Y. Tornet, J. Castro , R. Ramos y M. C. Rodríguez, «Evaluación de tres cultivares de papaya del grupo Solo basada en caracteres de crecimiento y productividad,» *Mi SciELO*, vol. 29, nº 2, 2008.
- [8] S. Tripathi, J. Y. Suzuki, J. B. Carr, G. T. Mc.Quate, S. A. Ferreira, R. M. Manshardt, K. Y. Pitz, M. M. Wall y D. Gonsalves, «Nutritional composition of Rainbow papaya, the first commercialized,» *Revista de composición y análisis de alimentos*, vol. 24, nº 2, p. 140, 2011.
- [9] L. . F. CASALLAS MALAVER, «EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL BANANO COMÚN (*Musa sapientum* L),» 1946.
- [10] L. S. Gil y P. F. Maupoey, «Un enfoque integrado para la piña Residuos Valorización. El bioetanol Producción y Extracción bromelina de la piña Residuos,» *Journal of Cleaner Production*.
- [11] R. A. Cruz, A. . M. Mendoza Martínez, M. Y. Chavez Cinco, J. L. Rivera Armenta y M. J. Cruz Gómez, «Aprovechamiento del bagazo de piña para obtener celulosa y bioetanol,» *Afinidad LXVIII*, 2011.
- [12] J. A. Mejía Barajas, . R. Montoya Pérez, C. Cortés Rojo y A. Saavedra Molina, «Levaduras Termotolerantes: Aplicaciones Industriales, Estrés Oxidativo y Respuesta Antioxidante,» Mexico, 2016.

- [13] A. M. Carvalho Junior, J. C. Maciel Ramundo, C. E. de Siqueira Cavalcanti, P. d. S. C. Favaret Filho, N. I. Pfefer, S. E. Silveira da Rosa, A. Y. Milanez, A. . C. Galvão y M. K. Poppe , «Etanol como combustible vehicular,» de *bioetanol de caña de azucar energia para el desarrollo sostenible*, rio de janeiro, primera, 2008.
- [14] D. Muñoz Muñoz, A. J. Pantoja Matta y M. F. Cuatin Guarín, «APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMO BIOCOMBUSTIBLE Y BIOREFINERÍA,» *BIOTECNOLOGIA EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y AGROINDUSTRIAL*, vol. 12, nº 2, pp. (10-19), 2014.
- [15] A. M. Carvalho Junior, J. C. Maciel Ramundo, C. E. de Siqueira Cavalcanti, P. d. S. C. Favaret Filho, N. I. Pfefer, S. E. Silveira da Rosa, A. Y. Milanez y A. C. Galvão, «Producción de bioetanol,» de *Bioetanol de caña de azucar energia para el desarrollo sostenible*, Rio de janeiro, Primera, 2008.
- [16] A. M. Carvalho Junior, J. C. Maciel Ramundo, C. E. de Siqueira Cavalcanti, P. d. S. C. Favaret Filho, N. I. Pfefer, S. E. Silveira da Rosa, A. Y. Milanez y A. C. Galvão, «Una visión de futuro del bioetanol,» de *Bioetanol de caña de azucar energia para el desarrollo sostenible*, Rio de Janeiro, Primera, 2008.
- [17] C. L. Banegas, H. Maradiaga Gonzales, M. E. Osorio Rivera, N. D. Henríquez Flores, N. Eloy y N. Mejía, «Producción de bioetanol a partir del mucilago de café (Coffea,» *REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGIA*, nº 10, 2012.
- [18] A. M. Zapata y C. Pelaéz, «Produccion en continuo de etanol a partir de rechazo ( cascara y pulpa) empleando celulas inmovilizadas,» *Tumbaga*, 2010.
- [19] M. J. Goya Baquerizo, «Obtención de una bebida alcohólica a partir de mucilago de cacao.,» Quevedo, 2003.
- [20] D. Muñoz-Muñoz, A. J. Pantoja-Matta y M. F. Cuatin-Guarín, «Aprovechamiento de residuos agroindustrial como biocombustible y biorefineria,» *Biotecnologia en el sector agropecuario y agroindustrial*, vol. 12, nº 2, 2014.
- [21] H. Vázquez y O. Dacosta, «Fermentación alcoholica: una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas,» *scielo*, vol. 8, nº 4, 2007.
- [22] A. M. Carvalho Junior, J. C. Maciel Ramundo, C. E. de Siqueira Cavalcanti, P. de Sá Campello Favaret Filho (supervisión), N. I. Pfefer (supervisión), S. E. Silveira da Rosa y A. Y. Milanez, «etanol como combustible vehicular,» de *Bioetanol de caña de azúcar energía para el desarrollo sostenible*, Rio de Janeiro, 1era edición, 2008.
- [23] E. Cortes Marín, H. González Sánchez y F. Álvarez Mejía, «Colombia en la era del alcohol carburante,» *Revista CES / Medicina Veterinaria y Zootecnia*, vol. 3, nº 2, 2008.
- [24] A. M. Carvalho Junior, J. C. Maciel Ramundo, C. E. de Siqueira Cavalcanti, P. de Sá Campello Favaret Filho (supervisión), N. I. Pfefer (supervisión), S. E. Silveira da Rosa y A. Y. Milanez,

«Tecnologías avanzadas en la agroindustria de la caña de azúcar,» de *Bioetanol de caña de azúcar energía para el desarrollo sostenible*, vol. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, primera, 2008.

[25] V. ZÚÑIGA CERÓN y M. A. GANDINI AYERBE, «CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE LAS VINAZAS DE RESIDUOS DE CAÑA DE AZÚCAR RESULTANTES DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL,» *DYNA*, vol. 80, nº 177, 2013.

[26] L. Villacrés, «Proceso fermentativo del mucilago de cacao,» 1985.

## **CAPITULO VII**

### **ANEXOS**

**Anexo n° 1:** tabla de resultados obtenidos en la investigación

<b>Factor A</b>	<b>Factor B</b>	<b>Replicas</b>	<b>Brix (%)</b>	<b>Ph</b>	<b>turbidez</b>	<b>° alcoholicos</b>	<b>acidez</b>	<b>densidad</b>	<b>Calorimetría</b>
Papaya	0%	1	7,5	5	0,09	8°	1,740	0,99509	1,037293109
Papaya	0,50%	1	7,0	5	0,11	9°	1,546	0,98908	1,043596069
Papaya	1,00%	1	15,0	5	0,08	9°	1,493	0,99187	1,04066057
Guineo	0%	1	13,0	5	8,95	30°	0,320	0,95918	2,645540983
Guineo	0,50%	1	18,0	5	3,41	12°	0,380	0,98991	2,903016436
Guineo	1,00%	1	12,0	5	7,12	12°	1,300	0,99022	2,027832199
Piña	0%	1	6,0	4	6,7	15°	0,672	0,98017	1,827055511
Piña	0,50%	1	6,0	4	10,6	13°	0,553	0,98431	3,502859871
Piña	1,00%	1	6,5	4	12,67	16°	0,420	0,97842	1,830323379
Papaya	0%	2	10,0	5	0,91	8°	0,540	0,99408	1,038347014
Papaya	0,50%	2	10,0	5	1,62	2°	2,760	0,99687	1,03544093
Papaya	1,00%	2	10,0	5	0,63	7°	0,582	0,99408	1,038347014
Guineo	0%	2	16,0	4	0,94	8°	1,860	0,97691	2,597526896
Guineo	0,50%	2	22,0	4	2,89	18°	0,933	0,99233	2,194406095
Guineo	1,00%	2	18,0	4	1,79	14°	1,045	0,99217	2,02384672
Piña	0%	2	11,0	4	0,84	10°	0,888	0,98731	1,813842663
Piña	0,50%	2	12,0	4	1,89	16°	0,555	0,99342	3,470737452
Piña	1,00%	2	10,0	4	0,98	12°	0,740	0,97342	1,839724888

**Anexo n° 2:** Tabla de Medias del Factor A (Fruta) y del Factor B (porcentaje de levadura)

**Tabla n° 11:** Valores de las medias del factor A de cada uno de los análisis fisicoquímicos

<b>Factor A</b>	<b>Brix (%)</b>	<b>Ph</b>	<b>turbidez</b>	<b>° alcoholicos</b>	<b>acidez</b>	<b>densidad</b>	<b>calorimetria</b>
Papaya	9,08	5	1,24	7,16	0,61	0,9935	1,038
Guineo	16,5	4,5	4,18	17,33	0,823	0,9834	2,398
Piña	8,58	4	7,45	15,33	0,638	0,9828	2,38

Elaborado por: Cobeña, G. (2017)

**Tabla n° 12:** Valores de las medias del factor B de cada uno de los análisis fisicoquímicos

<b>Factor B</b>	<b>Brix (%)</b>	<b>Ph</b>	<b>turbidez</b>	<b>° alcoholicos</b>	<b>acidez</b>	<b>densidad</b>	<b>calorimetria</b>
0%	10,16	4,5	4,57167	16,5	0,77	0,98212	1,8266
0,50%	12,5	4,5	4,125	11,66	0,6878	0,99098	2,35834
1,00%	11,5	4,5	4,173	11,66	0,6133	0,98996	1,63346

Elaborado por: Cobeña, G. (2017)

**Tabla n° 13:** Valores de las medias de las interacciones de cada uno de los análisis

<b>Factor A</b>	<b>Factor B</b>	<b>Brix (%)</b>	<b>Ph</b>	<b>turbidez</b>	<b>°GL</b>	<b>acidez</b>	<b>densidad</b>	<b>calorimetria</b>
Papaya	0%	14,5	4,5	4,945	24	0,89	0,968045	2,62153
Papaya	0,50%	20	4,5	5,265	15	0,8565	0,99112	2,54871
Papaya	1,00%	15	4,5	2,34	13	0,7225	0,991195	2,02584
Guineo	0%	7,5	5	2,5	8	0,64	0,994585	1,03782
Guineo	0,50%	8,5	5	0,865	5,5	0,653	0,992975	1,03952
Guineo	1,00%	11,25	5	0,355	8	0,5375	0,992975	1,0395
Piña	0%	8,5	4	6,27	17,5	0,78	0,98374	1,82045
Piña	0,50%	9	4	6,245	14,5	0,554	0,988865	3,4868
Piña	1,00%	8,25	4	9,825	14	0,58	0,97592	1,83502

Elaborado por: Cobeña, G. (2017)

### Anexo n° 3 Obtencion de bioetanol



Pesado de la materia prima (papaya).



Pesado de la materia prima (guineo).



Licuada de la materia prima.



Materia prima y agua.



Materia prima y agua.



Materia prima y agua.



Embotellamiento y fermentación



Embotellamiento y fermentación



Embotellamiento y fermentación



## Anexo n° 4: Análisis realizados



Toma de la muestra pH



Medición de pH



Medición de ° Brix



Codificación de las muestra para Acidez



Medición de Acidez



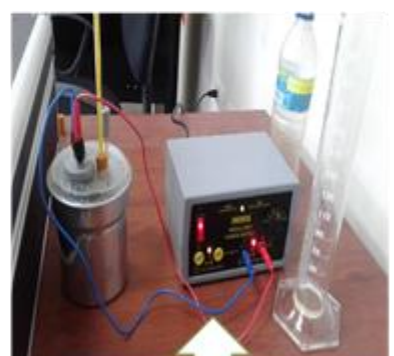
Análisis de acidez



Toma de muestra para densidad



Análisis de densidad



Análisis de calorimetria