

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS PARA OBTENER  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DEL  
RESIDUO ORGÁNICO DEL PLÁTANO BELLACO (*Musa  
paradisiaca*) EN EL DISTRITO ARAMANGO, BAGUA -  
AMAZONAS**

**Autor: Bach. Joel Abner Toledo Villoslada  
Asesores: M.sc. Ingrid Aracelli Cassana Huamán  
Dr. Leif Armando Portal Cahuana**

**Registro: (.....)**

**Chachapoyas – Perú**

**2024**

## **DEDICATORIA**

A Dios, quien me ha dado la sabiduría y fortaleza para culminar este proceso académico.

A mis padres por su apoyo incondicional y por haberme inculcado valores tan importantes en mi formación.

A mis asesores y docentes por su guía y enseñanzas durante todo este tiempo, y a mi familia por su constante apoyo y motivación.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la fortaleza, sabiduría y perseverancia necesarias para culminar este arduo proceso de investigación y redacción de mi tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental.

A mis padres por su constante apoyo, aliento y motivación a lo largo de todo este camino académico. Su amor incondicional y confianza en mí han sido fundamentales para mantenerme enfocado en mis metas y superar los obstáculos que se han presentado en el camino.

A mis profesores y asesores por su invaluable orientación, mentoría y conocimientos impartidos durante mi formación académica. Su dedicación y compromiso han sido clave para mi desarrollo como ingeniero ambiental y para la realización de esta tesis.

Finalmente, agradezco a todas las personas que de alguna manera han contribuido a la realización de este trabajo.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE  
MENDOZA DE AMAZONAS**

**PhD. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA**

**Rector**

**Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES**

**Vicerrector Académico**

**Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA**

**Vicerrectora de investigación**

**PhD. RICARDO EDMUNDO CAMPOS RAMOS**

**Decano de la facultad de ingeniería civil y Ambiental**

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS



### ANEXO 3-L

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (  )/Profesional externo (  ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DEL RESIDUO ORGÁNICO DEL PLÁTANO BELCALO (MUSA PARADISIACO) EN EL DISTRITO PROMANCO, BACUA - AMAZONAS; del egresado JOEL ABNER TOLEDO VILLAGADA de la Facultad de INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 28 de JUNIO de 2024

Firma y nombre completo del Asesor  
Dr. LEIF ARMANDO PORTAL CAHUANA

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

### ANEXO 3-L

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DEL RESIDUO ORGÁNICO DEL PLÁTANO BELÍSCO (Musa Paradisiaca) EN EL DISTRITO AROMANCO, BAGUA - AMAZONAS; del egresado JOSE ABNER TOLEDO VILLOSTADA de la Facultad de INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 28 de JUNIO de 2024

Firma y nombre completo del Asesor  
M.S.C. INGRID ARACELI CASSANA HUAMÁN



**JURADO EVALUADOR DE LA TESIS**



---

M.Sc. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje

**Presidente**



---

M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina

**Secretario**



---

M.Sc. Flavio Lozano Isla

**Vocal**

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-Q

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

PRODUCCIÓN DE GLOETANOL A PARTIR DEL RESIDUO ORGÁNICO DEL PLÁTANO  
BECCACO (Musa paradisiaca) EN EL DISTRITO ARAMANGO, PASUB - AMAZONAS

presentada por el estudiante ( ) egresado (X) JOEL AGNER TOLEDO VILLOSIADA

de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

con correo electrónico institucional toledovillosiadajoelabner@gmail.com

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 21 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene \_\_\_\_\_ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 11 de junio del 2024

  
SECRETARIO

  
PRESIDENTE

  
VOCAL

OBSERVACIONES:

.....  
.....

## REPORTE TURNITIN

### PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DEL RESIDUO ORGÁNICO DEL PLÁTANO BELLACO (*Musa paradisiaca*) EN EL DISTRITO ARAMANGO, BAGUA - AMAZONAS

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.untrm.edu.pe">repositorio.untrm.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
2	Ferraz, Eduardo Jorge Marques de Oliveira. "Caulinos De Alvaraes: Propriedades E AplicaCoes Ceramicas", Universidade de Aveiro (Portugal), 2022 Publicación	2%
3	<a href="https://repository.usta.edu.co">repository.usta.edu.co</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	1%

*Roy Fajardo Jefferson Fitzgerald*  
13/08/2024

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



## ANEXO 3-5

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 27 de Junio del año 2024, siendo las 10:00 horas, el aspirante: Toledo Villoslada Joel Abner, asesorado por M.Sc. Ingrid Araceli Cassana Huamán y Dr. Leif Armando Portal Cahuana defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: Producción de Bioetanol a partir del residuo orgánico del plátano bellaco (Musa Paradisiaca) en el distrito de Aramango, Bagua - Amazonas, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: M.Sc. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje  
Secretario: M.Sc. Gino Alfredo Vargara Medina  
Vocal: M.Sc. Flavio Lozano Isla

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 11:05 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

## ÍNDICE DE CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.....	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS .....	v
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS.....	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	viii
REPORTE TURNITIN.....	ix
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS .....	x
ÍNDICE DE CONTENIDO GENERAL.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	xvi
II. MATERIAL Y MÉTODOS .....	21
III. RESULTADOS.....	33
IV. DISCUSIÓN .....	37
V. CONCLUSIONES.....	40
VI. RECOMENDACIONES.....	41
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	42
ANEXOS .....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Cocción de las muestras de bellacos .....	26
<b>Tabla 2</b> Cocción de muestras de Bellaco .....	27
<b>Tabla 3</b> Cocción de muestras de Bellaco .....	28
<b>Tabla 5</b> Análisis de Varianza (ANOVA) .....	33
<b>Tabla 6</b> Análisis de Tukey .....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Determinación del área de estudio .....	21
<b>Figura 2</b> Separación de muestras .....	23
<b>Figura 3</b> Separación de muestras .....	24
<b>Figura 4</b> Separación de muestras .....	25
<b>Figura 5</b> Procedimiento del proyecto desde su inicio hasta el final.....	30
<b>Figura 6</b> Medias del Grado de Alcohol por Tiempo de Fermentación y Grupo.....	34
<b>Figura 7</b> Análisis de Tendencias Temporales de Grado de Alcohol.....	36
Figura 9 Matriz de correlación entre Tiempo de Fermentación y Grado de Alcohol.....	36
<b>Figura 10-14</b> .....	44

## RESUMEN

El estudio titulado "Producción de bioetanol a partir del residuo orgánico del plátano bellaco (*Musa paradisiaca*) en el distrito de Aramango, Bagua – Amazonas" tuvo como objetivo general evaluar la calidad del bioetanol producido a partir de este residuo orgánico. Se utilizó una metodología de diseño experimental, realizando 45 muestras mezcladas con agua. Los tratamientos incluyeron las siguientes proporciones: 0,5 kg de residuo por 5,5 litro de agua, 1 kg por 5 litros, 1.5 kg por 4.5 litros, 2 kg por 4 litros y 2,5 kg por 3,5 litros. El análisis de varianza (ANOVA) reveló que el factor "Tiempo de Fermentación" tiene un efecto significativo en el grado de alcohol producido. Las medias del grado de alcohol a los 192, 196 y 200 horas fueron 60.69, 34.64 y 44.38, respectivamente. El valor p (p-value) fue menor que el nivel de significancia estándar de 0.05, indicando una diferencia estadísticamente significativa. El análisis de Tukey mostró que la fermentación de 192 horas (grupo "a") exhibió un grado de alcohol significativamente mayor en comparación con las fermentaciones de 196 y 200 horas. En conclusión, estos hallazgos pueden ser útiles para mejorar la eficiencia y la calidad de la producción de alcohol, lo que podría tener beneficios tanto económicos como de calidad para los productores.

**Palabras claves:** Bioetanol, residuo orgánico y plátano.

## ABSTRACT

The general objective of the study entitled “Bioethanol production from the organic residue of banana bellaco (*Musa paradisiaca*) in the district of Aramango, Bagua - Amazonas” was to evaluate the quality of the bioethanol produced from this organic residue. An experimental design methodology was used, making 45 samples mixed with water. The treatments included the following proportions: 0.5 kg of residue per 5.5 liters of water, 1 kg per 5 liters, 1.5 kg per 4.5 liters, 2 kg per 4 liters and 2.5 kg per 3.5 liters. Analysis of variance (ANOVA) revealed that the factor “Fermentation Time” has a significant effect on the alcohol content produced. The means of alcohol content at 192, 196 and 200 hours were 60.69, 34.64 and 44.38, respectively. The p-value was less than the standard significance level of 0.05, indicating a statistically significant difference. Tukey's analysis showed that the 192-hour fermentation (group “a”) exhibited a significantly higher alcohol content compared to the 196- and 200-hour fermentations. In conclusion, these findings may be useful to improve the efficiency and quality of alcohol production, which could have both economic and quality benefits for producers.

Key words: Bioethanol, organic residue and banana.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la producción de bioetanol ha generado tanto impactos positivos como negativos difíciles de cuantificar debido a su percepción de sostenibilidad en la sociedad. Rendón et al. (2023) señalan que los principales desafíos del bioetanol se relacionan con problemas socioambientales que han dado lugar a conflictos y debates sobre la contaminación ambiental y su influencia en la calidad de vida humana. Arriaga (2022) expresa que esta producción conlleva diversos problemas ambientales y riesgos para la salud. Además, Sanz (2023) destaca que los subproductos derivados del bioetanol también contribuyen significativamente a los problemas ambientales.

A nivel internacional, en Colombia, Velasco (2020) menciona que la producción de bioetanol ha tenido un impacto negativo en el medio ambiente, impulsando así el desarrollo de alternativas como la utilización de diferentes materias primas para su obtención. En Bolivia, Córdova (2022) describe cómo el incremento rápido de residuos sólidos ha motivado la implementación de tecnologías y proyectos para mitigar la contaminación ambiental. Según Tanamachi et al. (2022), el crecimiento de la demanda energética ha promovido la búsqueda de soluciones mediante la producción de bioetanol a partir de residuos sólidos u otras materias primas. En Colombia, Muñoz (2022) destaca que avances tecnológicos en la producción de bioetanol han contribuido significativamente a la reducción de gases de efecto invernadero.

A nivel nacional, Baolaños (2021) argumenta que el uso de biocombustibles es una necesidad ancestral que ha motivado el desarrollo de productos a través de avances científicos y tecnológicos para abordar la contaminación ambiental. Piñeros et al. (2021) subrayan que el crecimiento en el uso de etanol ha generado preocupaciones en la sociedad, impulsando la búsqueda de alternativas que reemplacen este producto de manera ambientalmente sostenible, como el bioetanol.

Ante esta problemática global y nacional, surge la pregunta de investigación: ¿Es viable obtener bioetanol a partir de la cáscara del plátano bellaco (*Musa paradisiaca*) en el distrito de Aramango, Bagua – Amazonas? Esta investigación tiene como objetivo evaluar la calidad del bioetanol producido a partir del residuo orgánico del plátano bellaco en dicha localidad, detallando objetivos específicos como determinar las concentraciones óptimas de cáscara y agua de (*Musa paradisiaca*), comparar los rendimientos de etanol entre diferentes tipos de muestras y evaluar la pureza del bioetanol obtenido para maximizar su rendimiento.

La hipótesis planteada sugiere que el mayor grado de pureza de bioetanol se obtendrá en las muestras fermentadas durante 192 horas, debido al equilibrio óptimo mantenido por el corto tiempo de fermentación, la cantidad adecuada de materia prima y agua, favoreciendo así una mayor concentración de celulosa y una eliminación más efectiva de CO<sub>2</sub>, resultando en un alcohol más puro y eficiente.

Este estudio se fundamenta en investigaciones previas y definiciones teóricas sobre las variables de estudio, abarcando desde estudios internacionales hasta investigaciones locales. Llenque et al. (2020) evaluaron la producción de bioetanol a partir de cáscaras de *Citrus reticulata*, demostrando diferencias significativas en los rendimientos obtenidos, lo cual sugiere la viabilidad de utilizar residuos vegetales en la producción a gran escala bajo condiciones específicas.

Alonso-Gómez y Pérez (2019) investigaron la viabilidad técnica de producir bioetanol a partir de plátano (*Musa paradisiaca*), destacando que la harina de plátano bellaco puede ser una alternativa efectiva para la producción de bioetanol. Además, estudios como el de Zola-González et al. (2017) en Piura demostraron la obtención exitosa de bioetanol a partir de la cáscara del plátano bellaco mediante métodos experimentales, validando su potencial como materia prima para la producción de un etanol de alta pureza.

Finalmente, el bioetanol, obtenido a través de la fermentación alcohólica de materia orgánica, representa una solución prometedora debido a su capacidad para descomponer moléculas complejas y transformarlas en biocombustibles renovables. Este estudio utiliza un diseño experimental factorial 3x2 para optimizar el grado alcohólico, evaluando diferentes niveles de madurez de cáscaras de plátano y cantidades de *Saccharomyces cerevisiae*, basándose en estudios previos que resaltan la importancia de la producción de bioetanol como alternativa sostenible y menos contaminante.

Las bases teóricas con respecto a las variables de estudios se enfocan en estudios previos y definiciones sobre las variables de la investigación, enfocadas desde la parte internacional hasta estudios locales como expresa, Llenque et al. (2020) el objetivo del estudio fue evaluar la producción de bioetanol a partir hojas de las cáscaras de mandarina (*Citrus reticulada*), maracuyá (*Pasiflora ediles*) y eucalipto (*Eucalyptus glóbulos Labill*) se recolectaron en bolsas de polietileno etiquetadas y se trasladaron al laboratorio. Aquí es donde se limpiaba, desinfectaba, secaba y molía. El análisis de varianza de los rendimientos medios obtenidos al 95% de nivel de confianza mostró que si había diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), Tukey Llenque-Díaz et al. (2020) indicó que todas las

medias eran diferentes y se demostró que los rendimientos obtenidos eran relativos. Tipos de residuos vegetales evaluados. Por lo tanto, los residuos vegetales evaluados se pueden utilizar para la producción a gran escala con referencia a las condiciones de prueba.

El bioetanol se obtiene, entre otras cosas, por fermentación alcohólica de diversas materias orgánicas a partir de biomasa. Esto hace que la actividad de microorganismos específicos descomponga moléculas complejas y las transforme en biomoléculas más simples de las que están hechas. La factura de producción debe cumplir ciertos requisitos, y además de la facilidad de conversión a azúcares fermentables, también se tienen en cuenta otras variables como: B. Tasa de producción, costo y tipos de microorganismos requeridos para la fermentación. En este trabajo se utilizó un modelo factorial 3x2 para optimizar el grado alcohólico, dos niveles de madurez de sobrantes de cáscaras de banano de SIMAGRAT S.A.S y tres cantidades diferentes de *Saccharomyces cerevisiae* (1, 5 y 10 g), se utilizó un diseño experimental (Álvarez y Martín, 2021).

También López et al., (2024) expresaron que la obtención del bioetanol pasa por las siguientes etapas la recolección y procesamiento del material biológico, fermentación, el filtrado y la destilación teniendo en cuenta los tiempos establecidos para la obtención de un buen producto.

La producción de etanol a partir de residuos de cítricos es un estudio reciente, ya que los residuos de cítricos son ricos en celulosa y hemicelulosa. Finalmente, se destiló a 78°C durante 3 horas. El rendimiento de bioetanol obtenido a partir de piel de mandarina fue del 20%, piel de naranja del 40% y piel de limón del 60%. La graduación alcohólica media del destilado es del 80%. La viabilidad económica del proyecto se puede evaluar utilizando una valoración económica de US\$5.333 por galón dado el valor comercial de US\$8.286,3 por galón. Es importante señalar que se puede agregar valor económico a estos desechos mediante el desarrollo de fuentes de energía alternativas nuevas y más ecológicas (Manzi, 2022).

Bolaños (2021) El uso de combustibles ha sido una necesidad desde tiempos antiguos para producir energía y satisfacer las necesidades básicas de las personas. Sin embargo, el uso de combustibles fósiles ha causado un gran daño al medio ambiente debido a la alta emisión de gases de efecto invernadero. Por esta razón, en los últimos años ha habido un creciente interés en el desarrollo de energías alternativas que sean más sostenibles y menos contaminantes, como la energía solar, la hidroeléctrica y la bioenergía derivada de biocombustibles.

A nivel nacional se refieren al ensayo actual se basa en la generación de bioetanol a partir de tres fuentes de carbohidratos, utilizando sobrantes de la agroindustria y otras fuentes disponibles en la región de Pastaza. Las mezclas microbianas (hongos tíbico) se utilizan como equipo de construcción para la fermentación del sustrato; Los nueve tratamientos evaluados tenían los solventes de la esencia de los dioses y el soluto (carbohidrato). La síntesis de sustratos se realizó teniendo en cuenta los informes estadísticos del INEC (2018) respecto a las materias primas más representativas del territorio que la alfaguara más los carbohidratos. Después de diseñado el experimento, las muestras se colocaron en un recipiente de PET para fermentación anaerobia durante cuatro días a temperatura ambiente (21 - 24°C), luego de lo cual se extrajo el bioetanol por goteo simple, cortó el matraz y pesó el alcohol a ser cuantificado. se determinó mediante la curvatura de calibración polinomial en la escala de residencia para las pruebas de superficie de Gay Lussac, utilizando un refractómetro Abbe ajustado a 20 °C. Los mejores tratamientos se determinaron en relación a la cantidad de bioetanol obtenido, es decir, T7 (16% calma) con 16 ml y 21,39°GL; Consecutivos para T8 (23% de quietud corporal) con 14ml y 31.66°GL y T9 similar para 25% de quietud corporal con 13.2ml y 47.5°GL de cuerpo.

Mamallacta (2020) En su estudio sobre bioetanol a partir de cáscara de plátano de Piura”, demostró controlado a escala de laboratorio. Concluimos que los resultados de producir etanol a partir de plátano o cáscara de plátano en condiciones fueron exitosos. Su éxito abre la puerta a futuras investigaciones a escala industrial. Posteriormente, se confirmó que la cáscara de plátano (verde podría ser utilizada como materia prima para la producción de etanol, contribuyendo a la eliminación de la dependencia de los combustibles fósiles y la creación de oportunidades de negocio (Viloria y Vázquez, 2021).

Alonso-Gómez y Pérez (2019) investigó sobre la producción de Bioetanol a partir del plátano (*Musa paradisiaca*), el análisis de la viabilidad técnica de producción bioetanol a partir del plátano con cáscara fue el objetivo, la metodología fue un diseño experimental que es la elaboración de jarabe para su fermentación y producción de bioetanol, cuyos resultados arrojó que aproximadamente el 80% de la glucosa inicial se consumió durante las primeras 10 horas de fermentación, la concentración de etanol alcanzada fue 46.30 y 35.90 g/l para p y pc respectivamente, llegando a concluir que la harina del plátano Bellaco (*Musa paradisiaca*) puede ser una alternativa para la producción de bioetanol.

Zola-González et al. (2017) desarrollo un estudio experimental de la obtención del Bioetanol a partir de la cascara del plátano en la ciudad de Piura, el objetivo es demostrar la obtención del bioetanol de la cáscara del plátano Bellaco (*Musa paradisiaca*), a partir de un estudio experimental, desarrollo una metodología de enfoque cuantitativo, diseño experimental probatorio, para el análisis de datos obtenidos utilizaron métodos estadísticos, cuyos resultados se obtuvo bioetanol, incoloro y con una pureza de 95%. Llegando a concluir que la producción del etanol a partir de la cascara del plátano Bellaco (*Musa paradisiaca*) aplicando diferentes métodos y procesos como hidrólisis ácida y fermentación anaeróbica generan buenos resultados.

La definición del Bioetanol según Velasco (2020) el bioetanol, que es un tipo de alcohol que se obtiene a partir de materias primas azucaradas por medio de la fermentación. En este proceso los azúcares contenidos en la biomasa son metabolizados en alcoholes, principalmente etanol. Este compuesto es usado hoy en día como biocombustible, debido a que cumple el criterio de renovabilidad (al provenir de un residuo agrícola generalmente) y el criterio ambiental (emisión baja de CO<sub>2</sub>) requisitos indispensables para que una energía sea considerada renovable. Bioetanol de primera generación: La principal materia prima es de origen forestal y agrícola, este tipo de biomasa tiene un alto volumen de azúcar y almidones que son fermentados para la producción de etanol.

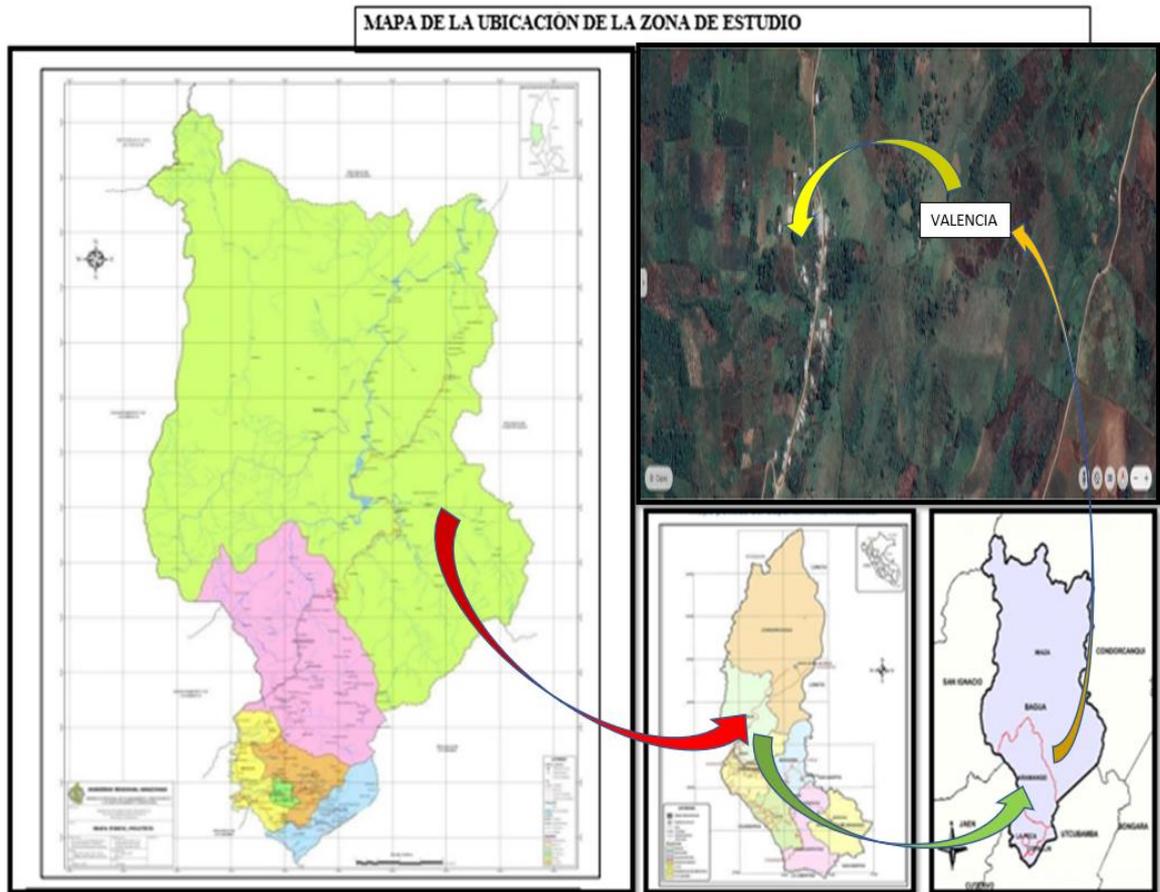
## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1 Determinación del área de estudio.

El área de estudio fue ubicada en la localidad de Valencia un caserío que pertenece al distrito de Aramango, provincia de Bagua, Región Amazonas.

#### Figura 1

*Determinación del área de estudio*



Nota: en la figura muestra el mapa de ubicación de la zona de estudio.

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó el diseño experimental, porque se sometió a la cáscara de plátano Bellaco (*Musa paradisiaca*) y al agua a diferentes concentraciones, pero a una misma temperatura y tiempo constante, para observar las reacciones que se produjeron en el fermentado y luego se determinó la pureza del etanol en cada muestra. Dicha investigación estuvo basada en los criterios obtenidos a través de la revisión bibliográfica, el cual se realizó en el laboratorio de Química de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza.

## **2.2 Proceso de obtención del etanol**

### **2.2.1 Tratamiento preliminar**

El objetivo del pretratamiento fue maximizar el acceso a los azúcares, minimizar la descomposición de los carbohidratos y la formación de subproductos que afectaron la capacidad de los microorganismos durante la fermentación y ser económicamente eficiente (Araneda et al., 2019).

### **2.2.2 Selección y Limpieza de materia prima**

El objetivo del pretratamiento fue lograr la máxima eficiencia. Antes de esta operación, es necesario seleccionar la mejor condición para el siguiente proceso de todas las materias primas. Una vez seleccionado, se realizó un proceso de refinación para separar las impurezas y excesos que son objetables al proceso de producción de etanol (García, 2021).

### **2.2.3 Diseño Experimental**

#### **2.2.3.1 Diseño completamente al azar**

Este diseño es completamente al azar se basó en el análisis de varianza.

Lo que se determinó es la diferencia de pureza del etanol de acuerdo a las variaciones de concentración de las muestras de plátano y luego se comprobó si es aprovechable como biocombustible.

### **2.2.4 Preparación de materia prima**

Se sacaron sus respectivas cáscaras del plátano Bellaco (*Musa paradisiaca*), para luego ser cortado en cuadritos de unos 3 cm<sup>2</sup>.

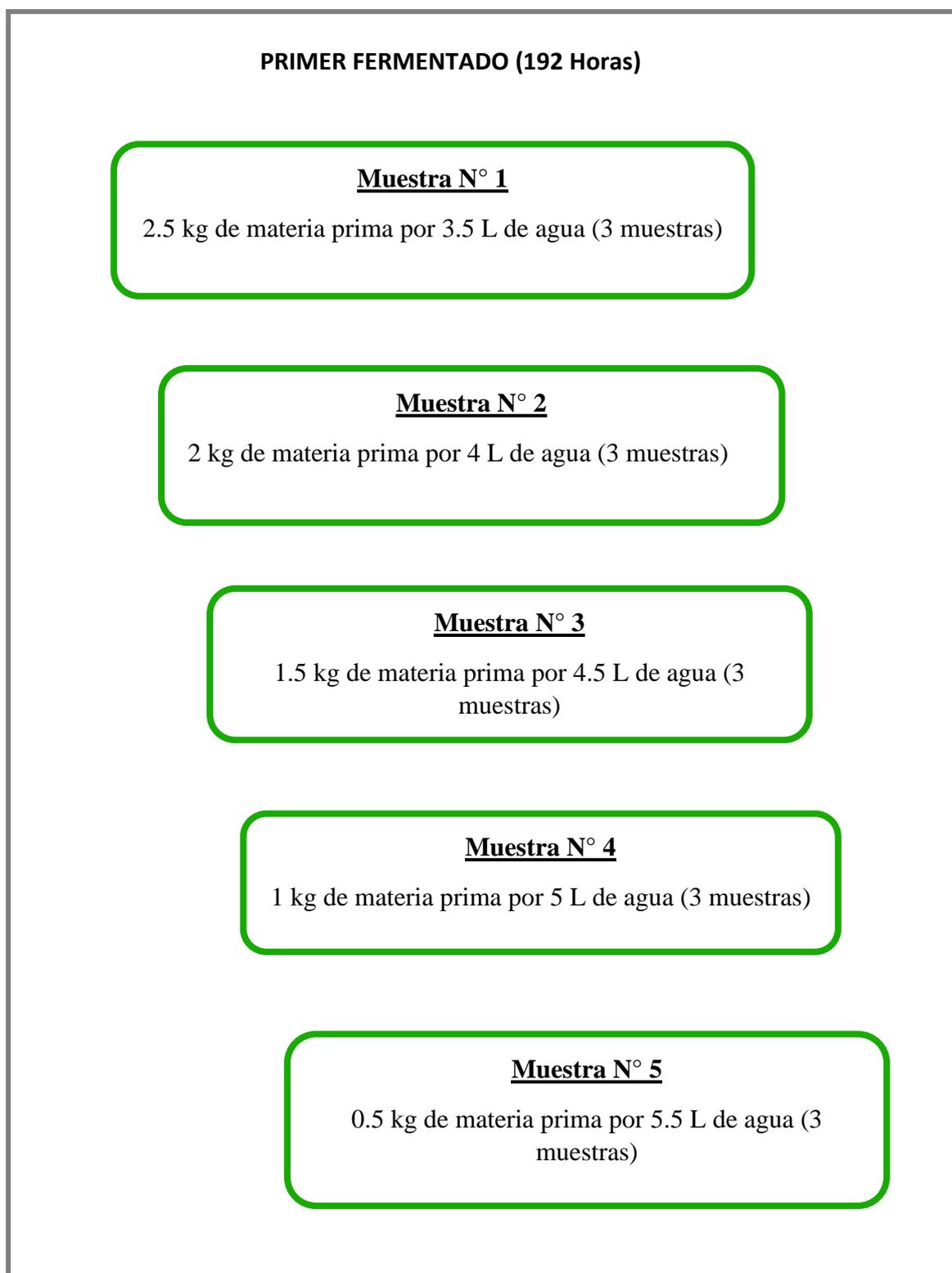
### **2.2.5 Separación de las muestras**

De las cáscaras cortadas en cuadritos se sacaron 45 muestras.

Las muestras se separaron de la siguiente forma (ver Figura N° 02,03 y 04).

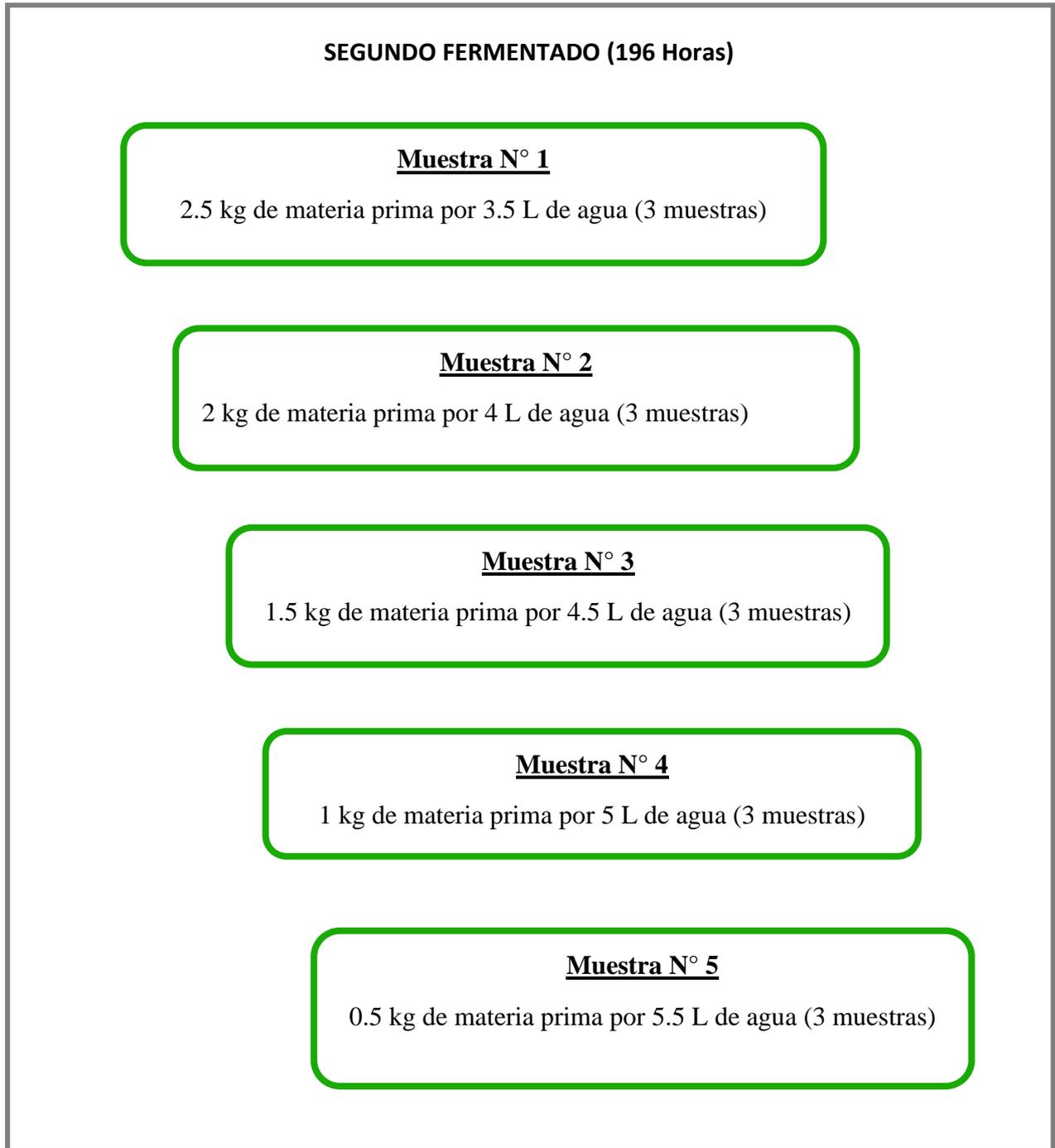
## Figura 2

### *Separación de muestras*



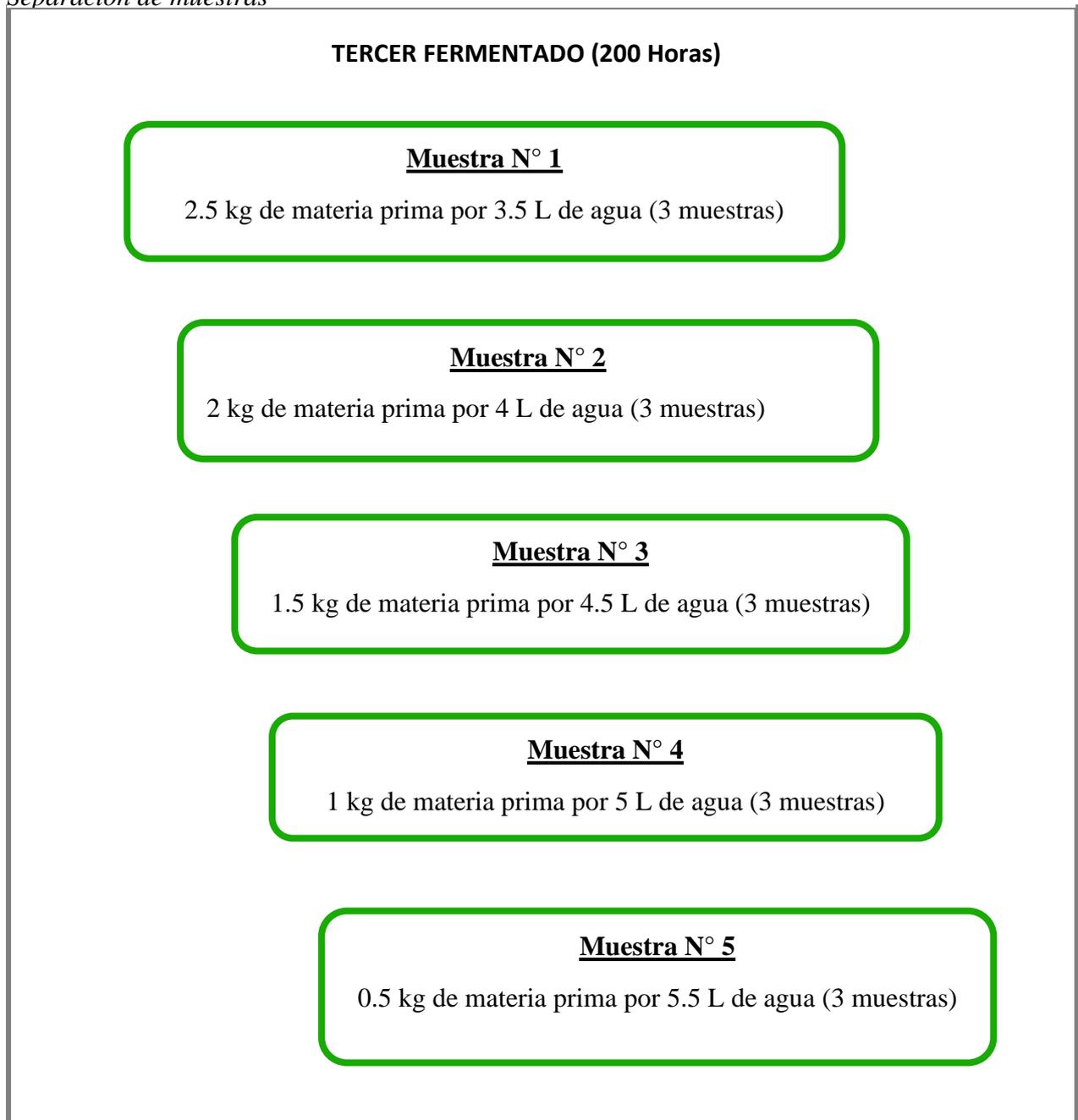
**Figura 3**

*Separación de muestras*



**Figura 4**

*Separación de muestras*



*Fuente: Elaboración propia*

### **2.2.6 Cocción de las muestras obtenidas**

Después de la separación de las muestras, cada una fue sometida a una temperatura constante de 100 °C y a un tiempo de hervor de 20 minutos (ver Tablas N° 01, 02 y 03).

**Tabla 1***Cocción de las muestras de bellacos*

<b>Variedad: Bellaco (Primer Fermentado 192 horas)</b>				
<b>Materia prima más agua</b>	<b>Plátanos (kg)</b>	<b>Agua (litros)</b>	<b>T°</b>	<b>Tiempo cocción</b>
<b>N.º 1</b> Su concentración es de 2.5 kg de materia por por 3.5 L de agua. De la cual se sacará 3 muestras y será sometida a una temperatura de 100° y a un tiempo de hervor de 20 minutos.	<b>2.5 kg</b>	<b>3.5 litros</b>	<b>100°</b>	<b>20m</b>
<b>N.º 2:</b> Su concentración es de 2 kg de materia por por 4 L de agua. De la cual se sacará 3 muestras y será sometida a una temperatura de 100° y a un tiempo de hervor de 20 minutos.	<b>2 kg</b>	<b>4 litros</b>	<b>100°</b>	<b>20m</b>
<b>N.º 3:</b> Su concentración es de 1.5 kg de materia por por 4.5 L de agua. De la cual se sacará 3 muestras y será sometida a una temperatura de 100° y a un tiempo de hervor de 20 minutos.	<b>1.5 kg</b>	<b>4.5 litros</b>	<b>100°</b>	<b>20m</b>
<b>N.º 4:</b> Su concentración es de 1 kg de materia por por 5 L de agua. De la cual se sacará 3 muestras y será sometida a una temperatura de 100° y a un tiempo de hervor de 20 minutos.	<b>1kg</b>	<b>5 litros</b>	<b>100°</b>	<b>20m</b>
<b>N.º 5:</b> Su concentración es de 0.5 kg de materia por por 5.5 L de agua. De la cual se sacará 3 muestras y será sometida a una temperatura de 100° y a un tiempo de hervor de 20 minutos.	<b>0.5 kg</b>	<b>5.5 litros</b>	<b>100°</b>	<b>20m</b>

**Tabla 2***Cocción de muestras de Bellaco*

Fuente: Elaboración propia

<b>Variedad: Bellaco (Segundo Fermentado 196 horas)</b>				
<b>Materia prima más agua</b>	<b>Plátanos (kg)</b>	<b>Agua (litros)</b>	<b>T°</b>	<b>Tiempo cocción</b>
<b>N.º 1</b> Su concentración es de 2.5 kg de materia por por 3.5 L de agua. De la cual se sacará 3 muestras y será sometida a una temperatura de 100° y a un tiempo de hervor de 20 minutos	<b>2.5 kg</b>	<b>3.5 litros</b>	<b>100°</b>	<b>20m</b>
<b>N.º 2:</b> Su concentración es de 2 kg de materia por por 4 L de agua. De la cual se sacará 3 muestras y será sometida a una temperatura de 100° y a un tiempo de hervor de 20 minutos	<b>2 kg</b>	<b>4 litros</b>	<b>100°</b>	<b>20m</b>
<b>N.º 3:</b> Su concentración es de 1.5 kg de materia por por 4.5 L de agua. De la cual se sacará 3 muestras y será sometida a una temperatura de 100° y a un tiempo de hervor de 20 minutos	<b>1.5 kg</b>	<b>4.5 litros</b>	<b>100°</b>	<b>20m</b>
<b>N.º 4:</b> Su concentración es de 1 kg de materia por por 5 L de agua. De la cual se sacará 3 muestras y será sometida a una temperatura de 100° y a un tiempo de hervor de 20 minutos	<b>1 kg</b>	<b>5 litros</b>	<b>100°</b>	<b>20m</b>
<b>N.º 5:</b> Su concentración es de 0.5 kg de materia por por 5.5 L de agua. De la cual se sacará 3 muestras y será sometida a una temperatura de 100° y a un tiempo de hervor de 20 minutos	<b>0.5 kg</b>	<b>5.5 litros</b>	<b>100°</b>	<b>20m</b>

**Tabla 3**

Cocción de muestras de Bellaco

Fuente: Elaboración propia

<b>Variedad: Bellaco (Tercer Fermentado 200 horas)</b>				
<b>Materia prima más agua</b>	<b>Plátanos (kg)</b>	<b>Agua (litros)</b>	<b>T°</b>	<b>Tiempo cocción</b>
<b>N.º 1</b> Su concentración es de 2.5 kg de materia por por 3.5 L de agua. De la cual se sacará 3 muestras y será sometida a una temperatura de 100° y a un tiempo de hervor de 20 minutos	<b>2.5 kg</b>	<b>3.5 litros</b>	<b>100°</b>	<b>20m</b>
<b>N.º 2:</b> Su concentración es de 2 kg de materia por por 4 L de agua. De la cual se sacará 3 muestras y será sometida a una temperatura de 100° y a un tiempo de hervor de 20 minutos	<b>2.00 kg</b>	<b>4 litros</b>	<b>100°</b>	<b>20m</b>
<b>N.º 3:</b> Su concentración es de 1.5 kg de materia por por 4.5 L de agua. De la cual se sacará 3 muestras y será sometida a una temperatura de 100° y a un tiempo de hervor de 20 minutos	<b>1.5 kg</b>	<b>4.5 litros</b>	<b>100°</b>	<b>20m</b>
<b>N.º 4:</b> Su concentración es de 1 kg de materia por por 5 L de agua. De la cual se sacará 3 muestras y será sometida a una temperatura de 100° y a un tiempo de hervor de 20 minutos	<b>1 kg</b>	<b>5 litros</b>	<b>100°</b>	<b>20m</b>
<b>N.º 5:</b> Su concentración es de 0.5 kg de materia por por 5.5 L de agua. De la cual se sacará 3 muestras y será sometida a una temperatura de 100° y a un tiempo de hervor de 20 minutos	<b>0.5 kg</b>	<b>5.5 litros</b>	<b>100°</b>	<b>20m</b>

### **2.2.7 Licuado de la muestra**

Después de la cocción, se licuó cada muestra para liberar la celulosa, y se agregó levadura para fermentar los azúcares y así obtener el bioetanol.

### **2.2.8 Elaboración de recipientes para el fermentado de las muestras**

Se consiguió 45 recipientes con sus respectivas tapas, en las cuales se pondrán las muestras.

### **2.2.9 Fermentación de las muestras**

Después de haber licuado las muestras, cada una fue puesta en sus respectivos recipientes completamente cerrados, añadiendo un ducto hacia una botella con agua para impedir la entrada y salida de oxígeno. Se dejó que cada muestra fermentara, verificando día a día el proceso de separación de CO<sub>2</sub> para observar la pureza del etanol producido. En esta etapa, los distintos organismos reaccionaron anaeróbicamente sobre los azúcares fermentables obtenidos de la cáscara, produciendo etanol y dióxido de carbono mediante su metabolismo.

### **2.2.10 Filtración de la muestra fermentada**

Después de completar los días de fermentación, se filtró la muestra con una maya fina haciendo que la materia orgánica de la cáscara quede atrapada en la maya y el líquido quede dentro del recipiente.

### **2.2.11 Destilación de la muestra filtrada**

Después de la filtración el líquido obtenido será sometido a una temperatura exacta de 78° la cual hará que se evapore pasando por el refrigerante y que nos permitirá obtener el etanol.

### **2.2.12 Materiales y equipos que se van a Utilizar**

Los equipos necesarios se utilizaron son del laboratorio de química de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Necesarios a utilizar durante el procedimiento del proyecto son:

#### **❖ Materiales:**

- ✓ Mantel Fino
- ✓ Embudo
- ✓ Refrigerante
- ✓ Mechero bunsen
- ✓ Rejilla metálica

- ✓ Soporte
- ✓ Matraz Erlenmeyer
- ✓ Matraz de fondo redondo
- ✓ Manguera pequeña
- ❖ **Equipos:**
  - ✓ Refractómetro
  - ✓ Termómetro
  - ✓ Cronometro

### 2.2.13 Verificación de pureza en el etanol

Una vez obtenido los resultados, se realizó la medición de pureza del etanol de cada muestra con un refractómetro (ATC de alcohol 0-80% V/V) (refractómetro de volumen de alcohol). La muestra con mayor pureza será sometida a una prueba para determinar si es apto para ser usado. Determinando las propiedades químicas como ácido base, halogenación, deshidratación, oxidación, cloración y combustión.

#### Figura 5

*Procedimiento del proyecto desde su inicio hasta el final*



Fuente: Elaboración propia donde se describe que el 1.-Recolección de materia prima. 2.-Cocción de las muestras. 3.- Licuado de las muestras. 4.- Fermentación de las muestras. 5.-Destilación de las muestras filtradas y 6.- Verificación de la pureza del Etanol.

## **2.3 Población, muestra y muestreo**

### **2.3.1 Población**

Según Moguel (2005) describe que la población es la totalidad de participantes u diversos objetos que se desea estudiar. por lo que en la investigación se utilizó 67.5 kg de cáscara de plátano y 67.5 litros de agua para la obtención de etanol.

### **2.3.2 Muestra**

Según Pasin y Trabucco (2009) manifiesta que la muestra es un subgrupo del total de participantes seleccionados en la población. Por lo que en este estudio investigativo se realizó 45 muestras de cascara de plátano Bellaco que va desde 0.5 kg hasta 2.5 kg y 45 muestras de agua que va desde 3.5 L hasta 5.5 L.

### **2.3.3 Muestreo**

Según Moreno (2005) expresa que es el proceso mediante el cual se selecciona a la muestra para su respectivo estudio investigativo. Por lo que en la presente investigación se realizará el tipo de muestreo no probabilístico, que dependerá del juicio personal del investigador, es decir que se seleccionará los elementos que incluirá en la muestra representativa, lo cual exige el investigador un conocimiento previo de la población.

Para el muestreo se seleccionaron las mejores cascara de plátano que no tengan ningún daño, utilizándose además agua proveniente de la red de agua potable de la zona de estudio.

Para obtener el plátano bellaco. Debemos tener las ubicaciones geográficas exactas donde se realizó el estudio, la ubicación será referenciada con un navegador GPS

## **2.4 Variables de estudio**

Las variables de estudio están clasificadas de la siguiente manera:

### **2.4.1 Variable independiente**

Residuo orgánico del plátano Bellaco (musa paradisiaca).

### **2.4.2 Variable dependiente**

Producción de Bioetanol.

## **2.5 Métodos**

### **2.5.1 Consideraciones generales y Selección del sitio**

El estudio se realizó en el distrito de Aramango, en las áreas donde se puede encontrar el plátano bellaco)

- (1) Se realizó entrevistas con personas dueños de los predios que conozcan con exactitud la variedad antes mencionada.
- (2) Se buscó el apoyo de un poblador local que conozca el área para la recolección y selección del plátano y así se determinaron los de mejor calidad para la obtención del etanol.

### **2.6 Análisis de datos**

Para determinar el análisis de datos se realizó el análisis de la varianza (ANOVA) el cual es un método que se utilizó para comparar dos o más medias partiendo de una hipótesis sobre la igualdad de medias poblacionales. El ANOVA se aplicó en la presente investigación con la finalidad de analizar las diferencias o semejanzas significativas ( $p < 0,05$ ) de las variaciones entre las concentraciones y tiempos de cocción de propuestos para evaluar su concentración de pureza del etanol obtenido, donde una alta o baja concentración de pureza implicarían la aceptación o rechazo de la hipótesis y por otro lado se reveló si es apto para la utilización como biocombustibles en motores.

Los gráficos estadísticos de los datos experimentales se realizaron con el software estadístico R versión 4.3.3

### III. RESULTADOS

Los resultados de esta investigación se presentarán siguiendo la secuencia de los objetivos planteados. El objetivo general fue evaluar la calidad del bioetanol producido a partir del residuo orgánico del plátano bellaco (*Musa paradisiaca*) en el distrito de Aramango, Bagua - Amazonas.

#### 3.1 Anova

Se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para cada factor (Tiempo de Fermentación, Tratamiento y Repetición) y los residuales. Los asteriscos (\*) indican los niveles de significancia, donde \*\*\* significa un valor  $p < 0.001$ , \*\* un valor  $p < 0.01$ , \* un valor  $p < 0.05$  y un valor  $p < 0.1$ . En este caso, el factor "Tiempo de Fermentación" muestra una significancia estadística ( $p\text{-value} < 0.05$ ), mientras que los otros factores no lo hacen (ver Tabla 4).

**Tabla 4**

*Análisis de Varianza (ANOVA)*

Factor	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)
Tiempo de Fermentación	2	5181	2591	60.779	2.88e-12***
Tratamiento	4	17151	14288	100.599	<2e - 16
Repetición	2	4	2	0.047	0.954
Rediduals	36	1534	43		
Signf. Codes:	0 '***'	0.001 '**'	0.01 '*'	0.05 '.'	0.1 ' ' 1

Nota: El análisis de varianza (ANOVA) realizada muestra que el factor 'Tiempo de Fermentación' tiene un efecto significativo en el grado de alcohol producido, ya que el valor  $p$  ( $p\text{-value}$ ) es menor que el nivel de significancia estándar de 0.05. Esto indica que hay diferencias significativas en el grado de alcohol entre los distintos tiempos de fermentación.

Por otro lado, los factores 'Tratamiento' y 'Repetición' no tienen un efecto significativo en el grado de alcohol producido, ya que los valores  $p$  son mayores de 0.05. Esto sugiere que las diferentes cantidades de materia prima y agua utilizadas, así como las repeticiones del experimento, no afectan significativamente el grado de alcohol producido.

### 3.2 Tukey

El análisis de Tukey reveló diferencias significativas en los grados de alcohol entre los distintos tiempos de fermentación evaluados. Los resultados indican que la fermentación de 192 horas (grupo 'a') exhibe un grado de alcohol significativamente mayor en comparación con las fermentaciones de 196 horas (grupo 'b') y 200 horas (grupo 'c'). Esto sugiere que la duración de la fermentación tiene un impacto significativo en el grado de alcohol producido a partir del residuo orgánico del plátano bellaco en el distrito de Aramango, Bagua – Amazonas (ver Tabla 5).

**Tabla 5**

*Análisis de Tukey*

<b>Tiempo de Fermentación</b>	<b>Media del Grado de Alcohol</b>	<b>Grupo</b>
192 horas	60.73333	a
200 horas	44.40000	b
196 horas	34.73333	c

Nota: En la figura muestra el análisis de Tukey

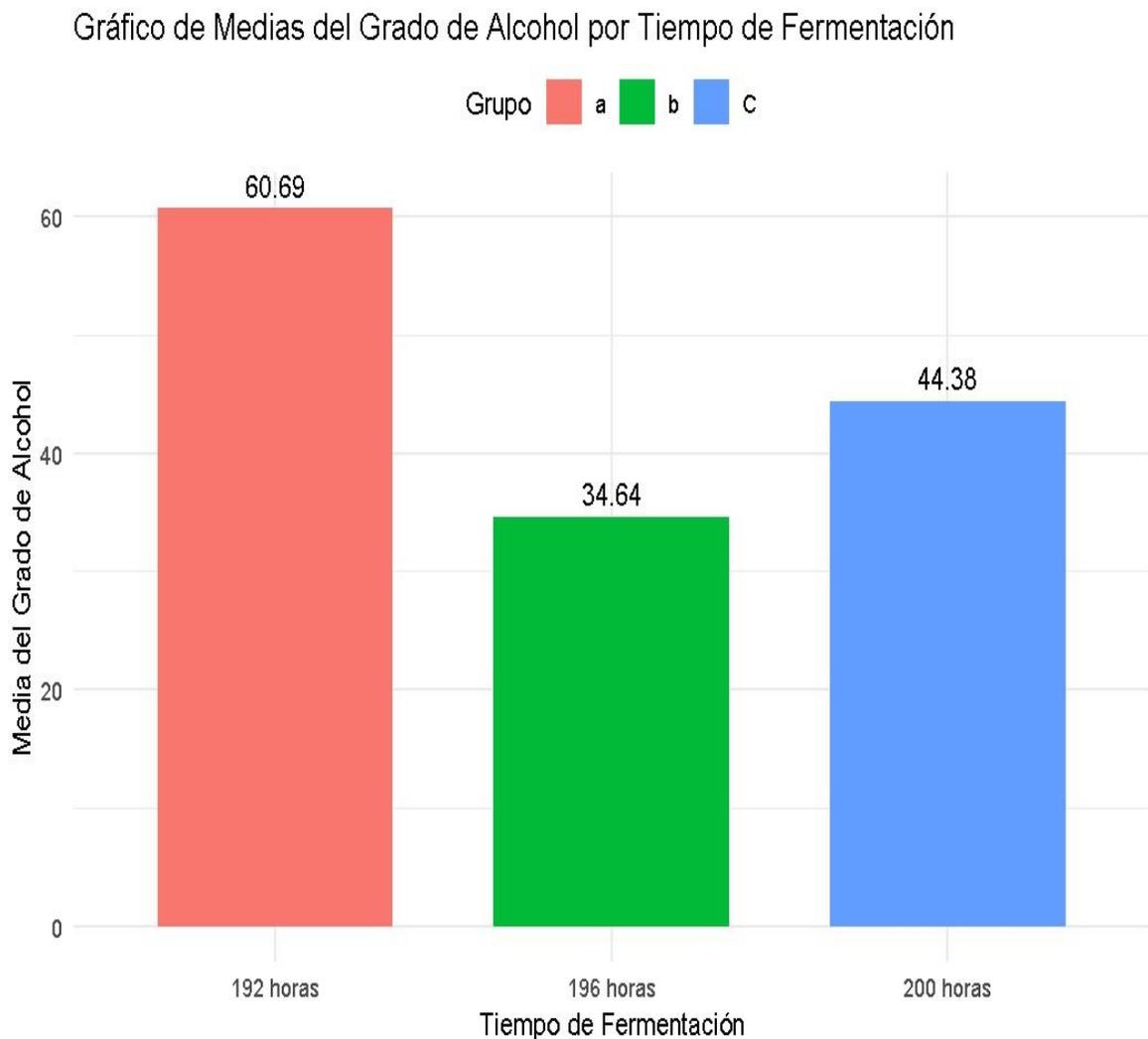
El análisis de tendencias temporales reveló una dinámica interesante en la producción de bioetanol a lo largo del tiempo de fermentación. Se observó que, a las 192 horas de fermentación, el grado de alcohol alcanzó su punto máximo con una media de 60.69. Posteriormente, a las 196 horas, se produjo un descenso notable en el grado de alcohol, con una media de 34.64. Sin embargo, a las 200 horas de fermentación, se registró un aumento nuevamente en el grado de alcohol, con una media de 44.38. Estas fluctuaciones sugieren posibles cambios en las condiciones de fermentación y resaltan la importancia de examinar detalladamente la evolución del proceso a lo largo del tiempo para comprender mejor su dinámica y optimizar la producción de bioetanol (ver Figura 6).

Además de las variaciones observadas según el tiempo de fermentación, el análisis de tendencias temporales reveló diferencias significativas entre los tratamientos utilizados. Se observó que los tratamientos con una mayor proporción de materia prima respecto a

la cantidad de agua, específicamente aquellos con 2.5 kg de materia prima por 3.5 L de agua y 2 kg de materia prima por 4 L de agua, mostraron consistentemente mayores valores de grado de alcohol en comparación con los otros tratamientos. Estos resultados sugieren que la relación entre materia prima y agua puede tener un impacto significativo en la eficiencia de la producción de bioetanol. Es crucial considerar estas diferencias al diseñar y optimizar el proceso de fermentación para asegurar una producción óptima de bioetanol (ver Figuras 6 y 7).

### Figura 6

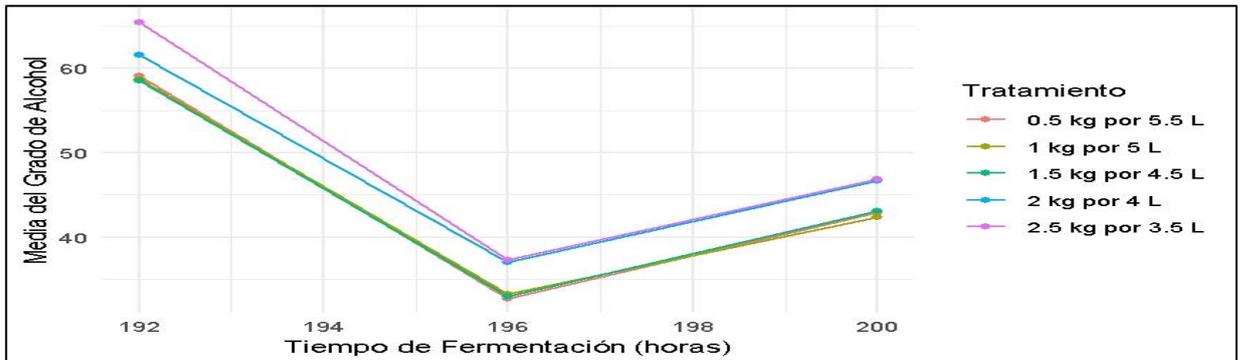
*Medias del Grado de Alcohol por Tiempo de Fermentación y Grupo*



### 3.3 Análisis De Tendencias Temporales

Figura 7

Análisis de Tendencias Temporales de Grado de Alcohol

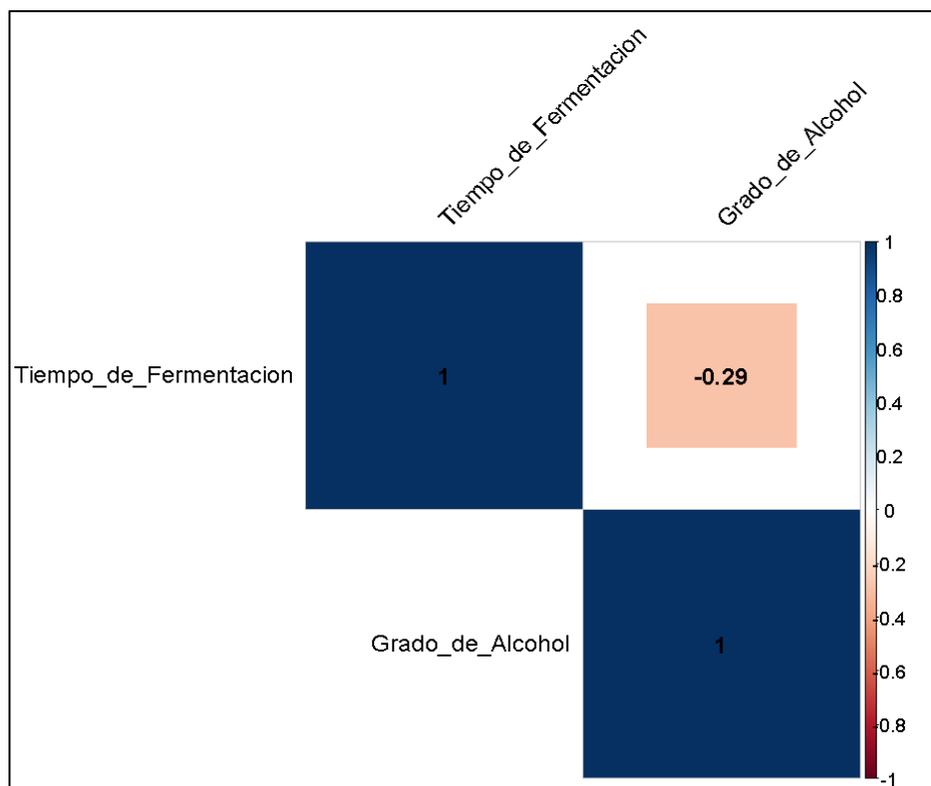


### 3.4 Correlación Entre Variables

El resultado de la matriz de correlación muestra una correlación negativa moderada entre la variable Tiempo de fermentación y la variable Grado de alcohol, con un coeficiente de correlación de  $-0.289$ . Esto indica que a medida que aumenta el tiempo de fermentación, el grado de alcohol tiende a disminuir. No obstante, la magnitud de esta correlación no es alta, lo que sugiere que otros factores pueden influir en el grado de alcohol además del tiempo de fermentación (ver Figura 8).

Figura 8

Matriz de correlación entre Tiempo de Fermentación y Grado de Alcohol



#### **IV. DISCUSIÓN**

El análisis de varianza (ANOVA) sugiere que el tiempo de fermentación es un factor crucial a considerar en la producción de alcohol, dado que afecta significativamente la cantidad producida. Esta información puede ser valiosa para los productores de alcohol, quienes pueden optimizar sus procesos de fermentación para obtener mayores rendimientos. Las diferencias significativas encontradas entre los tiempos de fermentación pueden atribuirse a diversos factores como la cantidad de levaduras presentes, la temperatura de fermentación y la calidad de los ingredientes utilizados. Por tanto, es fundamental tener en cuenta el tiempo de fermentación al diseñar procesos de producción de alcohol.

El análisis de Tukey sugiere que el tiempo de fermentación tiene un efecto significativo en la producción de alcohol durante el proceso de fermentación. La mayor concentración de alcohol encontrada en el grupo de fermentación de 192 horas podría estar relacionada con una mayor actividad de las levaduras durante este período. Por otro lado, las fermentaciones de 196 y 200 horas podrían haber alcanzado un punto de saturación, donde la producción de alcohol disminuye debido a la falta de sustrato o condiciones desfavorables para las levaduras. Según Melendez, (2022), estos hallazgos son relevantes para la industria de la fermentación, ya que sugieren que es posible optimizar la producción de alcohol controlando el tiempo de fermentación. Además, estos resultados pueden tener implicaciones en términos de calidad y características organolépticas de los productos fermentados, dado que el nivel de alcohol puede influir en su perfil sensorial.

El análisis de tendencias temporales revela variaciones significativas en la producción de alcohol a lo largo del tiempo durante el proceso de fermentación de bioetanol. La disminución en el grado de alcohol observada a las 196 horas podría estar relacionada con la finalización de la fermentación de los azúcares presentes en el medio de cultivo, lo que condujo a una reducción en la producción de alcohol. Sin embargo, el aumento en el grado de alcohol a las 200 horas sugiere que aún había sustratos disponibles para la fermentación, permitiendo un incremento en la producción de alcohol. Según Tirado et al. (2022), estos hallazgos subrayan la importancia de monitorear temporalmente el proceso de fermentación para entender mejor las dinámicas de producción de bioetanol y optimizar los rendimientos. Además, sugieren que podrían implementarse estrategias

para prolongar la producción de alcohol durante la fermentación, potencialmente mejorando el rendimiento global del proceso.

Los tiempos de fermentación de 192, 196 y 200 horas son puntos críticos en el proceso de fermentación debido a los cambios que ocurren en la actividad fermentativa a lo largo del tiempo. Durante la fase inicial de la fermentación, se produce una rápida liberación de azúcares fermentables, lo cual estimula la actividad de las levaduras y promueve la producción de alcohol. Sin embargo, a medida que avanza el tiempo de fermentación, la disponibilidad de sustratos fermentables puede disminuir, lo que podría resultar en una desaceleración de la actividad fermentativa. Estos hallazgos coinciden con lo mencionado por Silva et al. (2022), quienes indican que, en etapas posteriores de la fermentación, las levaduras pueden enfrentar condiciones de estrés debido a la acumulación de subproductos tóxicos como alcoholes superiores o ácidos orgánicos, lo cual puede inhibir su actividad y limitar la producción de alcohol.

Tras analizar los resultados obtenidos en la investigación, se concluye que la duración de la fermentación es un factor determinante en la producción de alcohol a partir del residuo orgánico del plátano bellaco. Los hallazgos indican que, al comparar las fermentaciones de 192 horas con las de 196 y 200 horas, el grupo 'a' muestra un mayor grado de alcohol. Esta diferencia significativa entre los grupos sugiere que la duración del proceso de fermentación influye directamente en la cantidad de alcohol producido. Estos resultados están respaldados por investigaciones anteriores, como la realizada por Ventura en 2020, que también destacó la relación entre el tiempo de fermentación y la cantidad de alcohol generado a partir de residuos orgánicos. Es importante señalar que los valores encontrados para el plátano bellaco en el distrito de Aramango, Bagua - Amazonas difieren de los obtenidos para la Musa paradisiaca, lo cual subraya la importancia de considerar las particularidades de cada materia prima en el proceso de fermentación para la producción de alcohol.

En este estudio, se observó un patrón interesante en la producción de bioetanol a lo largo de las horas de fermentación. A las 192 horas, se registró un aumento significativo en el grado de alcohol, alcanzando una media de 58.32. Sin embargo, a las 196 horas, se observó una disminución abrupta en el grado de alcohol, con una media de 30.57. Posteriormente, a las 200 horas de fermentación, se produjo un segundo aumento en el

grado de alcohol, con una media de 49.21. Estos resultados sugieren que existen variaciones en las condiciones de fermentación que pueden influir en la producción de bioetanol, subrayando la importancia de estudiar minuciosamente la evolución del proceso para optimizar su rendimiento.

Los hallazgos de este estudio revelan una correlación inversa entre el tiempo de fermentación y el grado de alcohol, indicando que a medida que se prolonga el tiempo de fermentación, la cantidad de alcohol producido tiende a disminuir. Este fenómeno podría ser atribuido a varios factores como la calidad de la levadura utilizada, la temperatura de fermentación, entre otros. Es importante destacar que la correlación encontrada no es muy fuerte, sugiriendo la influencia de otros factores en la producción de alcohol. Los resultados obtenidos en este estudio contrastan notablemente con otros estudios relacionados, quienes encontraron niveles industriales significativamente más altos de grado de alcohol en su investigación con *Musa paradisiaca*. Esto subraya la influencia significativa de las condiciones de fermentación y las características de la materia prima en los resultados obtenidos. Se recomienda realizar futuras investigaciones para profundizar en los factores que afectan la producción de alcohol y así optimizar el proceso de fermentación.

Finalmente, se puede concluir que, en el estudio realizado con residuos de maíz amarillo y bagazo de caña de azúcar, el tiempo de fermentación fue de 8 días o 192 horas. En nuestros estudios con *Musa paradisiaca*, también se emplearon 3 tiempos de fermentación diferentes, pero el grado máximo de alcohol se alcanzó igualmente a los 8 días o 192 horas. Esto indica que el tiempo de fermentación es crucial para obtener el mayor grado de alcohol.

## V. CONCLUSIONES

- Estos hallazgos pueden ser útiles para mejorar la eficiencia y la calidad de la producción de alcohol, lo cual podría beneficiar tanto económicamente como en términos de calidad a los productores del caserío Valencia, distrito de Aramango, provincia de Bagua. Los resultados del análisis de varianza indican que el tiempo de fermentación tiene un efecto significativo en la cantidad de alcohol producido.
- Los resultados del análisis de Tukey señalan que el tiempo de fermentación juega un papel crucial en la producción de alcohol durante el proceso fermentativo. Se recomienda realizar estudios adicionales para profundizar en los mecanismos involucrados en esta relación y explorar posibles estrategias para optimizar la producción de alcohol en fermentaciones.
- El análisis de tendencias temporales revela una dinámica cíclica en la producción de bioetanol a lo largo del tiempo de fermentación. Se observó un punto máximo a las 192 horas, seguido de un descenso a las 196 horas y luego un aumento a las 200 horas. Esto indica que el proceso de fermentación del bioetanol no sigue una tendencia lineal y puede verse afectado por diversos factores a lo largo del tiempo. Es importante destacar que conforme aumenta el tiempo de fermentación, tiende a disminuir el grado de alcohol producido.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar pruebas de rendimiento energético y ambiental para evaluar el impacto positivo de esta tecnología en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y en el aprovechamiento responsable de residuos orgánicos es crucial. Es fundamental involucrar a la comunidad local, autoridades y expertos en energías renovables para garantizar el éxito y la sostenibilidad de este proyecto innovador.
- Se recomienda llevar a cabo estudios adicionales para profundizar en los mecanismos implicados en el análisis de Tukey y explorar estrategias potenciales para optimizar la producción de alcohol en procesos fermentativos.
- Para el análisis de tendencias temporales, se sugiere implementar estrategias que prolonguen la producción de alcohol durante la fermentación, lo que podría aumentar el rendimiento global del proceso. Además, es crucial seguir estrictamente los procedimientos establecidos en este estudio y considerar posibles limitaciones y sesgos que podrían afectar la interpretación de los datos. De esta manera, se avanzará en el conocimiento de este tema y se contribuirá al desarrollo de la investigación en esta área.
- Es esencial monitorear de cerca los tiempos de fermentación y ajustar los parámetros del proceso, como la temperatura, la concentración de nutrientes o la oxigenación, para optimizar la actividad fermentativa y asegurar la calidad del producto final. Los momentos críticos como las horas de 192, 196 y 200 pueden ser oportunidades clave para intervenir y corregir desviaciones potenciales en el proceso de fermentación, maximizando así la producción de alcohol y minimizando la formación de subproductos no deseados.
- Promover la investigación y aplicación de tecnologías sostenibles, como la producción de bioetanol a partir del residuo orgánico del plátano bellaco en el distrito de Aramango, Bagua - Amazonas, es fundamental. Esta iniciativa no solo contribuirá significativamente a la reducción de la contaminación ambiental, sino que también fomentará el uso de residuos orgánicos como materias primas para la producción de energía renovable.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Araneda Agurto, I. D. R., Correa Garcia, C. J., y Irazabal Changanaque, F. (2019). Obtención de bioetanol a partir del banano orgánico (*Musa x paradisiaca*) no exportable. *Universidad Nacional de Piura / UNP*. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1954>
- Arriaga, J. (2022). *Problemática ambiental, conocimientos y estrategias empresariales: El caso de la producción de bioetanol en Córdoba, Argentina*. Segundo Congreso Internacional de Ciencias Humanas "Actualidad de lo clásico y saberes en disputa de cara a la sociedad digital". <https://www.aacademica.org/2.congreso.internacional.de.ciencias.humanas/23>
- Baolaños Garcia, D. (2021). *Propuesta para el aprovechamiento de residuos agroalimentarios lignocelulosicos en la producción de bioetanol, mediante la utilización del simulador –COCO- y el optimizador de procesos –ERP SAP-*. <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/40166>
- Cordova Quispe, E. R. (2022). *Producción de bioetanol a partir de residuos de tubérculos para aumentar el octanaje de la gasolina en la ciudad de el Alto*. <https://repositoriodicyt.upea.bo/jspui/handle/123456789/157>
- Garcia. (2021). *Diseño de un proceso de tratamiento de 120 m<sup>3</sup>/día de aguas residuales de la industria petroquímica de producción de metanol mediante tecnología de membranas*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/173871>
- Melendez, J. R. (2022). Biotechnology and applied management in the production of 1G and 2G bioethanol. *Revista de Ciencias Sociales*, 28(4), 415-429. Scopus. <https://doi.org/10.31876/rsc.v28i4.39139>
- Moguel, E. A. R. (2005). *Metodología de la Investigación*. Univ. J. Autónoma de Tabasco.
- Moreno, P. (2005). *Metodología de la investigación*. <http://148.202.167.116:8080/xmlui/handle/123456789/3830>
- Muñoz, J. D. S. (2022). Bioetanol: El nuevo combustible viable y ecológico. *Revista Neuronum*, 8(4), Article 4.
- Pasin, M., y Trabucco, A. (2009). *Metodología de la Investigación*. <http://repositorio.ub.edu.ar/handle/123456789/3741>
- Piñeros Urrea, J. C., Mayorga Mateus, J. F., Ramírez Rendón, A. M., y Barrera Doncel, C. F. (2021). *Análisis para determinar la viabilidad del montaje de una planta de bioetanol para el aprovechamiento de la caña panelera en el bajo Ricaurte*.

- [Bachelor Thesis, Especialización en Gerencia de Proyectos -Virtual].  
<https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/10757>
- Rendón, C. A., Arriaga, J., y Folguera, G. (2023). El privilegio del saber profesional experto en las problemáticas socioambientales: El caso de la producción de bioetanol en la ciudad de Córdoba (Argentina). *Runa*, 44(1), 109-129.  
<https://doi.org/10.34096/runa.v44i1.10299>
- Sanz Coronel, P. (2023). *Producción de bioetanol a partir de residuos Biolignocelulósicos*. <https://ciencia.urjc.es/handle/10115/25174>
- Silva, R. F., do Socorro Mascarenhas, M., y Batistote, M. (2022). Biomass: Bioethanol transformation and production process. *Revista de Agricultura Neotropical*, 9(4). Scopus. <https://doi.org/10.32404/rean.v9i4.7089>
- Tanamachi, K. S., Ahedo, N. C. A., Ruiz, J. R. G., Elorza, M. del P. R., Guerra, G. M. G., Castro, F. I. G., y Castro, S. H. (2022). Revaloración de residuos de fruta y verdura para la producción de biocombustibles. *Jóvenes en la ciencia*, 16. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3654>
- Tirado, R. H., Tirado-Lara, R., y Fabián-Anastacio, N. (2022). Comparison of improved clones of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam) In the yield and bioethanol content of reserving roots. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(3). Scopus. <https://doi.org/10.56369/tsaes.4409>
- Velasco Cristancho, A. P. (2020). *Una revisión general de los procesos para la producción de bioetanol de segunda generación a partir de biomasa lignocelulosa* [Bachelor thesis, Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/30358>

## ANEXOS

Evidencias fotográficas del primer fermentado

Figura 9-14

*Campos de siembra*



# Figura 15 - 24

## Procedimiento de la fermentación





**Figura 25 – 33**

*Verificación del porcentaje de alcohol en el laboratorio*





## Encuesta al agricultor

### ENCUESTA AL AGRICULTOR

CUESTIONARIO	RESPUESTAS
➤ VARIEDAD DE PLÁTANO DE ESTUDIO.	Plátano Bellaco (Musa Paradisiaca)
➤ DISTANCIA DESDE EL C.P EL MUYO AL TERRENO DE ESTUDIO.	Tiene una distancia de 10 Kilómetros
➤ TIEMPO DEL AGRICULTOR COSECHANDO ESA VARIEDAD DE PLÁTANO.	22 Años
➤ FECHA DE SIEMBRA DEL PLÁTANO.	Se siembra en el mes de Febrero
➤ SISTEMA DE SEMBRÍO POR PLANTAS	3 Metros por Planta con un ancho de 25 cm. y una Profundidad de 40 cm.
➤ CANTIDAD DE PLANTAS DE PLATANOS POR HECTÁREAS.	1200 plantas por Hectárea
➤ INVERSIÓN POR HECTÁREA	A tenido una inversión de \$1100 por Hectarea

<p>➤ TRATAMIENTO DEL TERRENO.</p>	<p>Para eliminar las plagas se fumiga cada 2 meses  - hoja secas, Picudo negro, amarillo  - y la rosa</p>
<p>➤ CUANTO TIEMPO SE ABONA EL TERRENO.</p>	<p>Se abona durante 5 - a 6 años con bastante abono</p>
<p>➤ CUIDADO DEL TERRENO.</p>	<p>Durante el tiempo de crecimiento del plátano se quita la maleza y se previene la sequedad con riegos</p>
<p>➤ TIPO DE RIEGO QUE SE HACE.</p>	<p>Mediante Moto bomba</p>
<p>➤ TIEMPO (AÑOS) DESDE EL SEMBRÍO HASTA LA COSECHA.</p>	<p>Des del sembrío hasta la cosecha se demora 1 año y medio y despues se cosecha Semanal</p>
<p>➤ CANTIDAD DE PLÁTANOS POR COSECHA.</p>	<p>- en la primera cosecha 1000 - plátanos  - en la segunda cosecha 2000 - plátanos  - en la tercera cosecha 7000 - plátanos  - de la cuarta cosecha en adelante se mantiene con 10,000 - Plátanos</p>
<p>➤ PRECIO DEL PLÁTANO.</p>	<p>El ciento viene costando \$48.50 (plátano de primera) y el ciento de plátano de segunda viene costando \$25.</p>

<p>➤ DISTRIBUCIÓN DE PLÁTANOS COSECHADOS.</p>	<p>Todo el plátano cosechado se lleva a la ciudad de Trujillo para exportarlo al extranjero una parte y la otra parte para la elaboración de chiftes.</p>
<p>➤ CUANTOS TRABAJADORES SE NECESITA HACER TODO EL TRABAJO.</p>	<p>Desde la siembra hasta la cosecha se necesitan 10 peones para el desyerbo y el deschante luego solamente se necesitan 2 peones para cosecha y carga.</p>
<p>➤ CUANTAS COSECHAS SE REALIZA DURANTE EL AÑO.</p>	<p>Se realizan 48 cosechas al año.</p>
<p>➤ TEMPERATURA ADECUADA PARA MEJOR PRODUCCIÓN</p>	<p>para una mejor producción se recomienda una temperatura de 20 a 25 °C.</p>
<p>➤ DE DONDE TRAJO LA SEMILLA DE PLÁTANO.</p>	<p>La semilla de plátano que fue para su terreno lo trajo de la selva de la Unión.</p>
<p>➤ COMO SE VE DE AQUÍ AL FUTURO.</p>	<p>Quiero ampliar su terreno pero con plantas de naranja.</p>

## Fermentados

PRIMER FERMENTADO							SEGUNDO FERMENTADO						
<b>MUESTRA 1</b>							<b>MUESTRA 1</b>						
<b>MUESTRA</b>	REPETICION 1		REPETICION 2		REPETICION 3		<b>MUESTRA</b>	REPETICION 1		REPETICION 2		REPETICION 3	
	55%	ETANOL	60%	ETANOL	59%	ETANOL		51%	ETANOL	50%	ETANOL	50%	ETANOL
	56%	ETANOL	59%	ETANOL	59%	ETANOL		51%	ETANOL	50%	ETANOL	50%	ETANOL
	56%	ETANOL	59%	ETANOL	59%	ETANOL		50%	ETANOL	51%	ETANOL	50%	ETANOL
<b>MUESTRA 2</b>							<b>MUESTRA 2</b>						
<b>MUESTRA</b>	REPETICION 1		REPETICION 2		REPETICION 3		<b>MUESTRA</b>	REPETICION 1		REPETICION 2		REPETICION 3	
	64%	ETANOL	66%	ETANOL	67%	ETANOL		46%	ETANOL	46%	ETANOL	45%	ETANOL
	63%	ETANOL	65%	ETANOL	66%	ETANOL		46%	ETANOL	46%	ETANOL	46%	ETANOL
	64%	ETANOL	66%	ETANOL	66%	ETANOL		45%	ETANOL	46%	ETANOL	46%	ETANOL
<b>MUESTRA 3</b>							<b>MUESTRA 3</b>						
<b>MUESTRA</b>	REPETICION 1		REPETICION 2		REPETICION 3		<b>MUESTRA</b>	REPETICION 1		REPETICION 2		REPETICION 3	
	53%	ETANOL	55%	ETANOL	56%	ETANOL		50%	ETANOL	50%	ETANOL	49%	ETANOL
	53%	ETANOL	54%	ETANOL	55%	ETANOL		50%	ETANOL	51%	ETANOL	50%	ETANOL
	53%	ETANOL	55%	ETANOL	55%	ETANOL		50%	ETANOL	50%	ETANOL	50%	ETANOL
<b>MUESTRA 4</b>							<b>MUESTRA 4</b>						
<b>MUESTRA</b>	REPETICION 1		REPETICION 2		REPETICION 3		<b>MUESTRA</b>	REPETICION 1		REPETICION 2		REPETICION 3	
	24%	ETANOL	24%	ETANOL	25%	ETANOL		14%	ETANOL	15%	ETANOL	14%	ETANOL
	24%	ETANOL	25%	ETANOL	24%	ETANOL		15%	ETANOL	15%	ETANOL	15%	ETANOL
	24%	ETANOL	24%	ETANOL	25%	ETANOL		14%	ETANOL	14%	ETANOL	15%	ETANOL
<b>MUESTRA 5</b>							<b>MUESTRA 5</b>						
<b>MUESTRA</b>	REPETICION 1		REPETICION 2		REPETICION 3		<b>MUESTRA</b>	REPETICION 1		REPETICION 2		REPETICION 3	
	20%	ETANOL	20%	ETANOL	20%	ETANOL		13%	ETANOL	12%	ETANOL	13%	ETANOL
	19%	ETANOL	21%	ETANOL	20%	ETANOL		13%	ETANOL	13%	ETANOL	12%	ETANOL
	20%	ETANOL	20%	ETANOL	20%	ETANOL		12%	ETANOL	13%	ETANOL	12%	ETANOL

TERCER FERMENTADO						
MUESTRA 1						
MUESTRA	REPETICION 1		REPETICION 2		REPETICION 3	
	55%	ETANOL	60%	ETANOL	59%	ETANOL
	56%	ETANOL	59%	ETANOL	59%	ETANOL
	56%	ETANOL	59%	ETANOL	59%	ETANOL
MUESTRA 2						
MUESTRA	REPETICION 1		REPETICION 2		REPETICION 3	
	64%	ETANOL	66%	ETANOL	67%	ETANOL
	63%	ETANOL	65%	ETANOL	66%	ETANOL
	64%	ETANOL	66%	ETANOL	66%	ETANOL
MUESTRA 3						
MUESTRA	REPETICION 1		REPETICION 2		REPETICION 3	
	53%	ETANOL	55%	ETANOL	56%	ETANOL
	53%	ETANOL	54%	ETANOL	55%	ETANOL
	53%	ETANOL	55%	ETANOL	55%	ETANOL
MUESTRA 4						
MUESTRA	REPETICION 1		REPETICION 2		REPETICION 3	
	24%	ETANOL	24%	ETANOL	25%	ETANOL
	24%	ETANOL	25%	ETANOL	24%	ETANOL
	24%	ETANOL	24%	ETANOL	25%	ETANOL
MUESTRA 5						
MUESTRA	REPETICION 1		REPETICION 2		REPETICION 3	
	20%	ETANOL	20%	ETANOL	20%	ETANOL
	19%	ETANOL	21%	ETANOL	20%	ETANOL
	20%	ETANOL	20%	ETANOL	20%	ETANOL