

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

## **“INFLUENCIA DE *Saccharomyces cerevisiae* EN LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS DE CÁSCARA DE *Musa paradisiaca*”**

**Tesis para optar al título profesional de:**

**Ingeniero Ambiental**

**Autor:**

**Gerson Ianfranco Leyva Diaz**

**Asesor:**

**Mtr. Magda Rosa Velásquez Marín**

**<https://orcid.org/0000-0001-9802-7911>**

**Trujillo - Perú**

**2025**

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Haniel Josue Torres Joaquin</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	<b>Gladys Sandi Licapa Redolfo</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	<b>Magda Rosa Velásquez Marin</b>
	Nombre y Apellidos

## INFORME DE SIMILITUD

Informe estándar ⓘ

Informe en inglés no disponible [Más información](#)

**14% Similitud**

Filtros

**estándar**

### Fuentes

Mostrar las fuentes solapadas ⓘ



1

Trabajos del estudiante



**Universidad Privada del Norte**

**4%**

23 bloques de texto



623 palabra que coinciden

2

Internet



**dspace.unitru.edu.pe**

**1%**

16 bloques de texto



146 palabra que coinciden

3

Internet



**hdl.handle.net**

**<1%**

11 bloques de texto



106 palabra que coinciden

## DEDICATORIA

Con profunda gratitud, dedico este logro a mis queridos padres, cuya constante orientación ha sido clave en mi camino hacia el éxito.

A mi querida tía Lesly, mi gratitud eterna. Tu apoyo incondicional a lo largo de este proceso ha sido un regalo invaluable. Esta tesis es un tributo a tu constante aliento y apoyo.

## AGRADECIMIENTO

Ante todo, deseo expresar mi gratitud a Dios por su constante fortaleza en los momentos difíciles, por guiarme por el camino de la prudencia y por brindarme la sabiduría necesaria para mejorar continuamente mi quehacer profesional

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi asesora Magda Velásquez, por su invaluable orientación y asistencia en la realización de este trabajo. Su sabiduría y conocimientos resultaron fundamentales para superar los desafíos y alcanzar los objetivos propuestos. Agradezco especialmente su paciencia, su disposición para responder mis preguntas y su constante aliento.

A mis padres, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido el cimiento de mi vida. Gracias por inculcarme valores, por guiarme en el camino correcto y por brindarme las herramientas necesarias para alcanzar mis metas.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>JURADO EVALUADOR</b> .....	2
<b>INFORME DE SIMILITUD</b> .....	3
<b>DEDICATORIA</b> .....	4
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	5
<b>TABLA DE CONTENIDO</b> .....	6
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	7
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	8
<b>RESUMEN</b> .....	9
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	10
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b> .....	19
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS</b> .....	27
<b>CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b> .....	39
<b>CAPITULO V. REFERENCIAS</b> .....	46
<b>CAPITULO VI. ANEXOS</b> .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Diseño factorial 3×2 .....	20
<b>Tabla 2</b> Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk).....	28
<b>Tabla 3</b> Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas.....	29
<b>Tabla 4</b> ANOVA de dos vías – Concentración de bioetanol. ....	30
<b>Tabla 5</b> Comparaciones Post-Hoc - Cantidad de levadura.....	30
<b>Tabla 6</b> Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk).....	33
<b>Tabla 7</b> Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas.....	33
<b>Tabla 8</b> ANOVA de dos vías - °Brix final.....	34
<b>Tabla 9</b> Comparaciones Post -Hoc - Cantidad de levadura.....	34
<b>Tabla 10</b> Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk).....	36
<b>Tabla 11</b> Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas.....	37
<b>Tabla 12</b> ANOVA de dos vías – pH Final.....	37
<b>Tabla 13</b> Comparaciones Post Hoc - pH final.....	38
<b>Tabla 14.</b> Valores de absorbancia y concentración de etanol .....	56
<b>Tabla 15.</b> Grados Brix y pH al inicio y al final del proceso de fermentación.....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema ilustrativo de las etapas implicadas en la conversión bioquímica de residuos de cáscara de plátano.....	26
<b>Figura 2</b> Relación entre la cantidad de levadura y la concentración de bioetanol para diferentes variedades de cáscara de plátano.....	27
<b>Figura 3</b> Diagrama de caja y bigotes de la Concentración de bioetanol según variedad de plátano y cantidad de levadura.....	31
<b>Figura 4</b> Variación de los °Brix inicial y final en la fermentación de residuos de tres variedades de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> con diferentes cantidades de <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> .....	32
<b>Figura 5</b> Curvas de densidad de la distribución de °Brix finales según variedad de plátano y cantidad de levadura.....	35
<b>Figura 6</b> Variación del pH inicial y final en la fermentación de residuos de tres variedades de <i>Musa paradisiaca</i> con diferentes cantidades de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	36
<b>Figura 7</b> Gráfico de violín y boxplot de la distribución de pH final según variedad de plátano y cantidad de levadura.....	38
<b>Figura 8.</b> Matriz de consistencia.....	54
<b>Figura 9.</b> Tabla operacional.....	55
<b>Figura 10.</b> Pretratamiento mecánico y esterilización de las muestras de cáscaras de plátano.....	58
<b>Figura 11.</b> Hidrólisis alcalina e hidrólisis ácida.....	58
<b>Figura 12.</b> Medición de °Brix y pH con el refractómetro al inicio y final de la fermentación.....	59
<b>Figura 13.</b> Activación de la levadura y preparación de las muestras para el proceso de fermentación.....	59
<b>Figura 14.</b> Determinación de la absorbancia en el espectrómetro UV – Visible,.....	60
<b>Figura 15.</b> Matriz para evaluación de expertos.....	61
<b>Figura 16.</b> Matriz para evaluación de expertos.....	62
<b>Figura 17.</b> Matriz para evaluación de expertos.....	63
<b>Figura 18.</b> Ficha de registro de datos.....	64

## RESUMEN

El combustible es una sustancia esencial gracias a su extensa variedad de funcionalidades en los diferentes campos productivos. Como consecuencia, han surgido diversos desafíos ambientales, como la alteración en la condición normal del clima y el aumento progresivo del nivel térmico del planeta tierra. Por lo cual, la finalidad de este estudio fue evaluar la influencia de *Saccharomyces Cerevisiae* en la producción de bioetanol a partir de residuos de cáscara de *Musa paradisiaca*. Para ello, se aplicó una metodología de enfoque cuantitativo con diseño experimental de tipo factorial 3×2. El procedimiento incluyó un pretratamiento mecánico, hidrólisis y fermentación. Como resultado, se encontró que la mayor concentración de bioetanol obtenida tuvo un valor de 6,85 g/L con dos gramos de levadura. En cuanto a los °Brix, se alcanzó un promedio de 8,20 en todos los experimentos al finalizar la hidrólisis. Posteriormente, tras la fermentación con un gramo y dos gramos de levadura, estos valores se redujeron a 3 °Brix y 2 °Brix. De manera similar, con relación al pH, se reportó una disminución promedio de 5,77 a 4,77 y 3,77, respectivamente. A manera de conclusión, el análisis estadístico demostró que la levadura, de forma independiente, influye significativamente en la concentración de bioetanol, °Brix y pH.

**Palabras clave:** bioetanol, fermentación, *Musa paradisiaca*, *Saccharomyces cerevisiae*

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el representativo avance de la industrialización, así como la modernización en la forma de vida de todas las personas, ha conllevado un incremento de vehículos en todo el mundo. Actualmente, el 80 % del requerimiento mundial de energía es cubierto por los combustibles fósiles, siendo el petróleo el más importante, con el 33 % del abastecimiento total de energía (Gajera et al., 2020; Singh, et al., 2021; Singh et al., 2021). Esto ha conllevado en un incremento en la liberación de gases de efecto invernadero, como dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ), óxido nitroso ( $N_2O$ ) y clorofluorocarbonos (Saravanan, et al., 2022), lo cual ha repercutido en un aumento de la temperatura global en aproximadamente 1,10 °C, acelerando así la desglaciación, el incremento de la altitud del mar y la mayor frecuencia y severidad de eventos meteorológicos extremos (Lara, 2021).

Adicionalmente, las disputas geopolíticas a nivel mundial han ocasionado un vaivén en los precios de este valioso recurso, el cual es no renovable y cuya explotación es finita (Kumar, et al., 2020). Para abordar esto y con el fin de proteger la seguridad energética a nivel mundial, se está incentivando el reemplazo de los combustibles fósiles por combustibles más limpios y renovables, siendo indispensable desarrollar una fuente de energía paralela (Mishra, et al., 2022). En este contexto, el Objetivo de Desarrollo Sostenible 12 (ODS 12), denominado “Producción y consumo responsables”, propone, entre otros, poner en marcha estrategias de reutilización con el fin de minimizar las pérdidas de alimentos que se dan desde que se obtiene la materia prima hasta que alcanza su destino final. Esta idea se relaciona directamente con la necesidad de diversificar las fuentes de energía optimizando el uso de recursos que actualmente no son debidamente gestionados, promoviendo así la economía circular y la mitigación del cambio

climático, el cual es abordado por el (ODS 13), llamado “Acción por el clima” (Naciones Unidas [ONU], 2023).

El bioetanol se reconoce como una fuente de energía sostenible que ofrece un suministro energético seguro y un medio ambiente limpio. (U.S. Energy Information Administration [EIA], 2021). Esto se debe a que tiene un elevado índice de octanaje, contenido de oxígeno (35 %), dispersión reducida de gases de efecto invernadero (Broda, et al., 2022), capacidad de mezcla con gasolina y diésel (Aouine, et al., 2022) y capacidad de creación a partir de una multiplicidad de materiales lignocelulósicos (Rezende, et al., 2018). Por ese motivo, es una de las opciones más prometedoras para satisfacer las demandas energéticas de los países con mayor escasez de combustibles fósiles (Awodi, et al., 2022).

Desde hace varios años, la biomasa lignocelulósica, como desechos de origen tanto vegetal como forestal y remanentes de frutas, ha sido objetivo de múltiples investigaciones con la intención de descubrir procedimientos efectivos en la producción de bioetanol (Saravanan, et al., 2022; Zhao, et al., 2020). Esta designación se sustenta por su alto porcentaje de azúcares fermentables, celulosa y hemicelulosa, así como en su bajo contenido de lignina (Jahid, et al., 2018). No obstante, no todos los aspectos son favorables; la producción de bioetanol confronta varias dificultades, entre ellas resalta la sostenibilidad de los sustratos, la recalcitrancia de la biomasa, la exigencia de tecnologías avanzadas y pretratamientos que todavía se encuentran en proceso de mejora (Kumar, et al., 2020).

La *Musa paradisiaca* (en adelante, **plátano**), es una de las frutas que más se cultiva alrededor del mundo. Esta ocupa el segundo lugar, con un 16 % de la producción mundial de frutas, situándose solo por debajo de los cítricos y de los cultivos alimentarios como el arroz y el

maíz (Alzate, et al., 2021). En el periodo 2022, la oferta global llegó a los 95,50 millones de toneladas, concentrada principalmente en tres continentes: el 51,70 % se produjo en Asia, el 23,80 % en las Américas y el 22,90 % en África. India es el principal productor y contribuye con aproximadamente el 36,15 % de la producción mundial de plátano, seguida de China continental, Indonesia, Nigeria, Brasil y Ecuador (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2024).

Perú no se queda atrás, ya que su producción agrícola ha mostrado un crecimiento significativo, particularmente en el cultivo del plátano, que en 2023 alcanzó un valor de 793, 295 millones de soles y una producción total de 2 414 382 toneladas, posicionándose como el quinto cultivo más producido del país, después de la caña de azúcar, la alfalfa, la papa y el arroz. Las regiones de San Martín, Piura y Ucayali destacan en esta producción, mientras que La Libertad, a pesar de tener una producción más modesta, aporta significativamente con 11 723 toneladas (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2023).

El plátano es una planta herbácea perennifolia de gran tamaño, que forma parte del orden *Zingiberales*, de la familia *Musaceae* y del género *Musa*. Se caracteriza por su elevado contenido de calcio y magnesio, así como su alta capacidad para absorber emisiones de nitrógeno (Amir, et al., 2019). Además, sus cáscaras representan una fuente esperanzadora para la obtención de bioetanol, el cual es un biocombustible líquido orgánico de origen no relacionado con los hidrocarburos provenientes del petróleo, gas natural o carbón. Su producción se lleva a cabo mediante la fermentación, proceso en el que intervienen microorganismos que descomponen los azúcares presentes en la biomasa (Carriazo y Tarras, 2012). La *Saccharomyces cerevisiae* se clasifica como un microorganismo anaerobio facultativo, lo que significa que puede utilizar una amplia variedad de sustratos, incluyendo mono-, di- y oligosacáridos (Drapcho, et al., 2008).

Esta levadura fermenta azúcares comunes como la glucosa, fructosa, galactosa, maltosa, maltotriosa y xilosa. Se distingue por su gran resistencia a condiciones adversas, rápido crecimiento y uso eficiente de la glucosa, que se convierte en ATP, etanol y  $CO_2$  a través de la ruta glicolítica o la vía Embden-Meyerhof (Espinoza, 2009).

Para mi investigación, utilicé antecedentes internacionales:

En primer lugar, el estudio de Amir et al. (2019), titulado “*Producción de Biocombustible (Bio-Etanol) a partir de Residuos de frutas: cáscaras de plátano*”, se llevó a cabo para determinar el efecto del pH en la producción de bioetanol derivado de la cáscara de plátano a través de la hidrólisis y la fermentación. Se realizaron los procesos de pretratamiento mecánico e hidrólisis durante 24 horas a 50 °C utilizando ácido sulfúrico (en adelante,  $H_2SO_4$ ) e Hidróxido de sodio (En adelante,  $NaOH$ ) a las cáscaras de plátano. La fermentación se realizó por un periodo de 4 días. Se obtuvo como resultado que la mayor concentración de bioetanol fue de 157,07 mg/ml y esta se obtuvo a un pH de 6. La segunda mayor concentración de bioetanol fue 147,06 mg/ml, pero esta se consiguió a un pH de 4. En contraste, la menor concentración de bioetanol fue de 63,77 mg/ml a un pH con valor de 12. La conclusión a la que se llegó es que la obtención óptima de bioetanol se da en condiciones ácidas, a diferencia de las condiciones alcalinas, donde se reportaron bajos rendimientos de bioetanol.

Según Gómez y Martin (2021), en su investigación titulada “*Obtención artesanal de bioetanol mediante desechos de la cáscara de plátano*”, se empleó un diseño experimental factorial  $3 \times 2$  con el objetivo de optimizar el contenido de alcohol. Se analizaron tres concentraciones iniciales de levadura (1,10 gramos (En adelante, **g**), 5 g y 10 g) combinadas con dos estados de madurez de cáscara de plátano (madura y verde), llevando a cabo el proceso de

fermentación durante un período de 8 días, empleando en todos los casos 50 g de biomasa como materia prima. La concentración más alta de etanol se obtuvo a partir de la cáscara madura con 10 g de levadura, alcanzando un valor de 12,21 g/L en el primer experimento y 17,96 g/L en la réplica. En contraste, en la cáscara verde, la concentración de etanol más alta alcanzó un valor de 1,32 g/L y, en la réplica, un valor de 3,40 g/L. La conclusión más relevante fue que la cantidad de levadura utilizada en el proceso de fermentación afecta directamente en la producción de bioetanol. Asimismo, la cáscara de plátano como materia prima es una alternativa prometedora; sin embargo, la cáscara madura demostró ser más eficiente en la generación de biocombustibles.

Por otro lado, Munfarida et al. (2021), en su investigación titulada “*El uso de cáscaras de plátano como materia prima para la producción de bioalcohol*”, llevaron a cabo un estudio de tipo experimental con el propósito de analizar el potencial de producción de bioalcohol a partir de cáscaras de plátano. Se utilizaron 200 g para cada variedad (raja, agung y nangka), con variaciones de levadura al 1 %, 3 % y 5 % para el proceso de fermentación durante un período de 5 días. En el estudio se probó que los porcentajes más altos de producción de bioetanol de la variedad Raja, Agung y Nangka fueron del 1,05 %, 1,52 % y 1,70 %.

Keryanti et al. (2023), en su artículo de investigación científica titulado “*Una comparación de la producción de etanol utilizando fermentación por hidrólisis separada y métodos simultáneos de sacarificación y fermentación aplicados a los desechos de cáscara de plátano Tanduk*”, se enfocaron en la creación de bioetanol aplicando un análisis donde se compararon las técnicas de Fermentación por Hidrólisis Separada ( En adelante, **SHF**) y Sacarificación y Fermentación Simultánea (En adelante, **SSF**) con distintas cantidades de cáscara de plátano Tanduk: 200, 250 y 300 g/L. La fermentación se efectuó utilizando un cultivo iniciador compuesto por 0,01 g de levadura previamente activada y tuvo una duración de 4 días,

realizándose la recolección de muestras a intervalos de 12 horas. En el método SHF, al inicio de la fermentación ( $t=0$  horas), se observó que la concentración de etanol fue de 42,98 g/L y al finalizar ( $t=96$  horas), aumentó a 51,11 g/L, superando al método SSF, que al inicio de la fermentación se observó que la concentración de etanol fue de 23,48 g/L y al finalizar fue de 33,67 g/L. Se concluyó que el método SHF es superior al método SSF, ya que produce una mayor cantidad de bioetanol bajo la misma cantidad de materia prima.

Shedrack et al. (2024), en su informe académico llamado “*Producción de bioetanol a partir de jugo de desechos de fruta de piña utilizando levadura de panadería*”, emplearon el jugo de desechos de piña como insumo para la obtención de bioetanol, comparando dos métodos en el proceso de fermentación: con y sin levadura. El estudio incluyó un pretratamiento físico, hidrólisis natural, fermentación del jugo de desechos de piña y posterior destilación. Al finalizar la hidrólisis, se produjeron 12,67 grados Brix (En adelante, °**Brix**) y un pH cerca de los 3,25. Para el proceso de fermentación, se compararon dos tratamientos (En adelante, **T**): con y sin levadura. El efecto que se observó es que el T con levadura aceleró la producción de bioetanol, disminuyendo de 12,67 °Brix a 5° Brix aproximadamente en solo dos días, en comparación al T sin levadura que le tomó el doble de tiempo alcanzar un nivel similar. En cuanto al pH, se observó que el T con levadura incrementó la reducción del pH, a diferencia del T sin levadura, que también lo redujo, pero en una menor proporción.

De la misma forma se examinaron una serie de investigaciones realizadas en el contexto nacional, los cuales son:

En el artículo de investigación de Ruiz et al. (2025) titulado “*Producción de bioetanol a partir de residuos de naranja (*Citrus sinensis*) y plátano (*Musa paradisiaca L.*)*”, se orientó a

determinar el tratamiento más eficiente, para la producción de bioetanol a partir de residuos de *Citrus sinensis* (En adelante, **naranja**) y plátano. Se desarrolló un diseño de investigación de tipo experimental con cuatro tratamientos. Se determinó que el T2 (residuos de cáscara de plátano) obtuvo el mayor valor con 18,66 °Brix después de la hidrólisis, y, después de la fermentación, se redujo a 11,66 °Brix, siendo así, la variación de 7. La variación del T1 (residuos de cáscara de naranja) fue de 3,67. En cuanto al pH, se verificaron reducciones mínimas en todos los T, con valores entre 4,89 y 5,26.

Por otra parte, Navarro y Vela (2022), en su proyecto de investigación titulado “*Determinación del rendimiento en la obtención de bioetanol a partir de la cáscara de tres variedades de la Musa paradisiaca*”, buscaron la obtención de bioetanol a partir de tres variedades de cáscara de plátano. Llevaron a cabo el proceso de fermentación de levadura utilizando tres tipos de cáscaras de plátano: Palillo, Bellaco y Seda. Se monitorearon el pH y los °Brix durante un periodo de 11 días antes de realizar la destilación. Se encontró que en la variedad Palillo, el pH inicial de 6,50 disminuyó a 4 al finalizar el undécimo día, mientras que los °Brix bajaron de 6 a 3. En el caso de la variedad Bellaco, el pH comenzó en 5,50 y se redujo a 4 al día 11; los °Brix pasaron de 8 a 3 en el mismo periodo. Por último, para la variedad Seda, el pH empezó en 5,50 y también disminuyó a 4 al día 11, mientras que los °Brix descendieron de 7 a 3. Se concluyó que es factible la producción de bioetanol, sin embargo, esta no depende de la variedad plátano, debido a que no se presentaron diferencias significativas, lo que plantea una equivalencia en la composición química entre estas variedades.

Asimismo, Llenque-Díaz et al. (2020), en su artículo de investigación científica titulado “*Producción de bioetanol a partir de residuos orgánicos vegetales*”, evaluaron la producción de bioetanol a partir de cáscaras de mandarina, maracuyá y hojas de eucalipto, mediante un proceso

de hidrólisis con ácido clorhídrico a una temperatura de 100 °C por 5 horas, seguido de fermentación con levadura. Los °Brix obtenidos después del tratamiento ácido fueron de 14 para la cáscara de mandarina, 20 para la cáscara de maracuyá y 22 para las hojas de eucalipto. La fermentación se llevó a cabo durante 7 días y, al finalizar, alcanzó un pH de 4 para la cáscara de mandarina, un pH de 4 para la cáscara de maracuyá y un pH de 4,50 para las hojas de eucalipto.

Finalmente, en el trabajo de Araneda et al. (2019) titulado “*Obtención de bioetanol a partir del banano orgánico (Musa x paradisiaca) no exportable*”, con el fin de obtener bioetanol a partir de un fermentado de pulpa residual, se analizaron los parámetros fisicoquímicos de °Brix y pH en diferentes diluciones de mosto de plátano con agua (1:0,50, 1:1 y 1:1,50) y a temperaturas de 25 °C y 37 °C. El mayor valor de °Brix a 25 °C y 37 °C se reportó en la dilución 1:0,50 con un valor para ambos de 14, disminuyendo a 5° Brix tras la fermentación. Por otro lado, el pH a 25 °C y 37 °C mostró una disminución, pasando de valores iniciales de 5,30 a 3,80 en promedio. La conclusión, tomando como referencia el análisis estadístico, demostró que existen diferencias significativas con relación a la levadura empleada y la disminución de °Brix.

La presente investigación adquirió especial relevancia al abordar el incremento de la producción de plátano en la actualidad y la falta de gestión de sus desechos orgánicos, lo que ha conllevado a serios problemas y retos medioambientales. Todos los residuos que se generan a partir de su consumo, como pseudotallos, hojas, frutos y principalmente cáscaras, son arrojados sin ningún control a fuentes de agua como ríos, lagunas y océanos. Esta mala costumbre no solo tiene un impacto en las fuentes de agua, sino que también contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero, empeorando así el cambio climático. Al mismo tiempo, el proyecto resulta conveniente porque plantea la producción de bioetanol a partir de residuos de cáscara de plátano mediante distintas cantidades de levadura, lo cual ayudará a disminuir los residuos que se

generan actualmente y que no tienen una correcta disposición final. De esta manera, se aprovecha el potencial energético de la biomasa, transformándola así en un biocombustible.

En el aspecto teórico, la primera teoría en la que se sustenta mi investigación es la del desarrollo sostenible, la cual está referida a la implementación de prácticas que garanticen una sana interacción entre el sector económico, medio ambiente y la calidad de vida de las personas, propiciando el uso responsable y eficiente de todos los recursos naturales que existen en la tierra sin que las próximas generaciones se vean perjudicadas.(Brundtland, 1987). La segunda teoría que me permitió justificar mi investigación fue la economía circular, la cual está relacionada en este caso con la utilización de desechos biodegradables como punto de partida para la producción de biocombustibles, transformando lo que generalmente en la mayoría de los casos, sería un desecho en un bien valioso y renovable (Stahel, 1984). Desde el punto de vista práctico, la idea aporta a la desvinculación progresiva con respecto a los combustibles fósiles y, por ende, a una disminución en las emisiones de gases contaminantes, ya que se está estimulando una economía circular en donde los residuos de cáscara de plátano son reaprovechados para transformarlos a un insumo de valor agregado. Finalmente, en relación al valor metodológico, se presenta un diseño de tipo experimental replicable que se ajusta a las necesidades y condiciones actuales, impulsando el uso eficiente de los residuos agrícolas y fomentando el desarrollo sostenible no solo en el distrito de Trujillo, sino en cualquier parte que se aplique.

## **1.1. Formulación del problema**

### **1.1.1. Problema General**

¿Cuál es la influencia de *Saccharomyces cerevisiae* en la producción de bioetanol a partir de residuos de cascara de *Musa paradisiaca*?

### 1.1.2. Problemas específicos

¿Existe interacción significativa entre la cantidad de *Saccharomyces Cerevisiae* y los residuos de tres variedades de cáscara de *Musa paradisiaca* sobre el °Brix final?

¿Existe interacción significativa entre la cantidad de *Saccharomyces Cerevisiae* y los residuos de tres variedades de cáscara de *Musa paradisiaca* sobre el pH final?

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo General

Evaluar la influencia de *Saccharomyces cerevisiae* en la producción de bioetanol a partir de residuos de cáscara de *Musa paradisiaca*

### 1.2.2. Objetivos Específicas

Determinar si existe interacción significativa entre la cantidad de *Saccharomyces cerevisiae* y los residuos de tres variedades de cáscara de *Musa paradisiaca* sobre el °Brix final.

Determinar si existe interacción significativa entre la cantidad de *Saccharomyces cerevisiae* y los residuos de tres variedades de cáscara de *Musa paradisiaca* sobre el pH final.

## 1.3. Hipótesis

H1: La influencia de *Saccharomyces cerevisiae* en la producción de bioetanol a partir de residuos de cáscara de *Musa paradisiaca* es significativa.

H0: La influencia de *Saccharomyces cerevisiae* en la producción de bioetanol a partir de residuos de cáscara de *Musa paradisiaca* no es significativa.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo y Enfoque

En primera instancia, conforme a Vargas (2009), este estudio científico fue de tipo aplicada, porque busca la aplicación de todos los saberes adquiridos a lo largo de la carrera de

ingeniería ambiental con la intención de generar nuevos conocimientos mediante la implementación de prácticas que son respaldadas por el método científico. En coherencia con lo anterior, y tomando como referencia a Vizcaíno et al. (2023), en este estudio se adoptó un enfoque cuantitativo, porque se centró en la medición y el análisis numérico de datos (pH, °Brix, absorbancia), haciendo una recopilación sistemática de esta información cuantificable para luego ser analizada mediante técnicas estadísticas.

## 2.2. Diseño y nivel

Ahora bien, según Vásquez y Ortiz (2022), el diseño experimental se centra en la evaluación de las condiciones experimentales y la respuesta obtenida, mediante el control de las variables independientes. Por consiguiente, la presente investigación es de diseño experimental de tipo factorial  $3 \times 2$  con tres repeticiones; los experimentos consistieron en la combinación de tres variedades de cáscara de plátano (seda, isla y bellaco) y dos cantidades de levadura (1g y 2g). Asimismo, se sostiene que según Ochoa y Yunkor (2022), la presente investigación se enmarca dentro del nivel explicativo porque su propósito fundamental es identificar y analizar la relación que hay entre la causa y el efecto de un determinado hecho o fenómeno natural. En ese sentido, se desea evaluar la influencia de *Saccharomyces cerevisiae* (causa) en la producción de bioetanol (efecto) a partir de residuos de cáscara de *Musa paradisiaca*.

### Tabla 1

*Diseño factorial  $3 \times 2$*

		Cantidad de levadura (g)	
Variedad de plátano	Seda	Seda×1	Seda×2
	Isla	Isla×1	Isla×2
	Bellaco	Bellaco×1	Bellaco×2

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

“La población se define como la asociación de elementos cuyos atributos deseamos estudiar” (Salazar y Del Castillo, 2018, p. 13). Por consiguiente, se consideró como población un 1 kg de cáscara de plátano de seda, 1 kg de cáscara de plátano de isla y 1 kg de cáscara de plátano bellaco que fueron recolectadas del mercado Mayorista en los puestos de jugo de frutas, ubicados en el distrito de Trujillo. Para elegir de manera correcta la muestra, primero se tiene que hacer la elección de un subgrupo de la población o universo en el que se va a realizar la investigación, y se debe garantizar que la muestra sea representativa si se desea inferir resultados precisos y confiables (Hernández y Mendoza, 2018, p. 196). De modo que, la muestra que se tomó en cuenta fue 70 g de cáscara de plátano de seda, 70 g de cáscara de plátano de isla y 70 g de cáscara de plátano bellaco. En última instancia, se incorporó el muestreo no probabilístico intencional, en razón de que la muestra se eligió de acuerdo a criterio del investigador. Los criterios de exclusión considerados implicaron descartar cáscaras con presencia de manchas oscuras, moho y desintegración (Hernández González, 2021).

### **2.4. Técnica e instrumento**

En relación con lo que mencionan Hernández y Mendoza (2018), se sostiene que en esta investigación se utilizó la técnica de observación experimental, porque el investigador tiene la capacidad de manipular las variables y establecer condiciones controladas para obtener datos precisos y consistentes. Ahora bien, los instrumentos son todos aquellos recursos tangibles que tienen como propósito la recolección de toda la información determinante a lo largo del proceso de estudio (Suárez, et al., 2022). Por consiguiente, se sostiene que en esta investigación se utilizó la balanza digital, Refractómetro analógico marca KERN®, pHmetro, Espectrofotómetro UV-

Vis marca Vernier para la obtención de los datos, y para la anotación se empleó la ficha de registro.

## 2.5. Validez y confiabilidad

La confiabilidad significa el nivel de confianza que ofrece un determinado instrumento que, al ser utilizado en varias oportunidades, siempre que se aplique en igualdad de condiciones, devolverá los mismos resultados (Hernández y Mendoza, 2018, p. 228). Mientras que la validez se relaciona con la especificación técnica que salvaguarda que un instrumento mida con precisión y exactitud las variables que se pretenden medir (Suárez, et al., 2022). Así pues, en esta investigación, se utilizaron los instrumentos y equipos del laboratorio de análisis instrumental de la Universidad Privada del Norte, los cuales están debidamente calibrados según los estándares vigentes. Esto garantizó que la medición de la concentración de etanol, °Brix, pH, entre otros, hayan sido precisa y confiable. Ahora bien, para determinar la concentración de bioetanol, se tomó como referencia a Jiménez y Rivera (2024), quienes mencionan que una de las técnicas más conocidas es la espectrofotometría UV-Visible (UV-VIS), la cual se fundamenta en la ley de Lambert-Beer. Se debe agregar que, según el modelo disponible del espectrofotómetro en el laboratorio, se llevó a cabo por el método manual para espectrofotómetros con cubetas de caras paralelas de 1 cm de espesor (Método que utiliza una cubeta) (Duymovich, et al., 2005). Por lo que se refiere a los °Brix, se utilizó como base a Pérez et al. (2023), quienes señalan que se debe usar un refractómetro para su determinación. Asimismo, Pérez (2024) establece el procedimiento general que se utilizó en esta investigación. En lo que respecta al pH, se citó a Rodríguez et al. (2024), quienes recomiendan utilizar un potenciómetro previamente calibrado por un kit de soluciones buffer con el fin de estandarizar el rango de pH. Al mismo tiempo, se realizó el experimento por triplicado bajo las mismas condiciones, habiéndose reportado resultados

similares. Por último, se contó con tres expertos en el tema, quienes, con su extenso conocimiento y experiencia, acreditaron y validaron mediante una matriz de evaluación de expertos (Checklist), que todos los procedimientos durante la realización de la investigación hayan sido apropiados.

## **2.6. Equipos y materiales**

### **2.6.1. Equipos**

- Autoclave eléctrico vertical
- Estufa esterilizadora

### **2.6.2. Materiales de laboratorio**

- Erlenmeyer 250 ml
- Vaso de precipitación
- Cocina eléctrica
- Probeta de 100 ml
- Pipeta
- Frascos de vidrio de 470 ml
- Propipeta de plástico

## **2.7. Procedimiento experimental**

### **2.7.1. Pretratamiento mecánico**

Las cáscaras de plátano se recolectaron del mercado Mayorista ubicado en la Av. María Eguren, distrito de Trujillo, provincia de Trujillo, región La Libertad. Se seleccionaron y separaron en tres tipos de cáscara (seda, isla y bellaco) en óptimas condiciones, libres de impurezas y manchas. Luego, se cortaron las cáscaras en tamaños de 2 a 3 cm y se prepararon 6 envases de una capacidad de 460 ml; se separaron dos envases para cáscara de plátano de tipo

seda, dos envases para cáscara de plátano de tipo isla y dos envases para cáscara de plátano de tipo bellaco. Se rotularon y se agregaron 70 g de cáscara a cada envase según su tipo. Después, se llevaron todas las muestras a una estufa esterilizadora para una explosión de vapor a 121 °C por 15 minutos.

## **2.7.2. Hidrólisis**

### **2.7.2.1. Hidrólisis Alcalina**

El pretratamiento alcalino se llevó a cabo según el método de Gómez y Martín (2021), con algunas modificaciones. La biomasa presente en todos los envases se sumergió en una solución de Hidróxido de sodio (En adelante, **NaOH**) al 4 % durante 180 minutos con una relación sólido-líquido de 1:5 a temperatura ambiente. Una vez transcurridos los 180 minutos, se procedió a hacer un lavado con agua destilada con el fin de neutralizar el pH.

### **2.7.2.2. Hidrólisis Ácida**

Para la hidrólisis ácida, se aplicó la metodología de Amir et al. (2019), también con algunas variaciones. Se agregaron 350 ml de ácido fosfórico (En adelante, **H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>**) al 7 % con una relación sólido-líquido de 1:5 en todas las muestras. La hidrólisis se realizó en un autoclave a 121 °C en un lapso de 15 min para todos los experimentos. Una vez finalizada la hidrólisis, se agregó NaOH a todas las muestras hasta llegar a un rango de pH de 5 a 5,50. A continuación, se determinó la concentración inicial de azúcar en todas las muestras utilizando el método de refractometría, empleando un refractómetro analógico de la marca KERN®, así como el pH inicial de la muestra con un pH-metro.

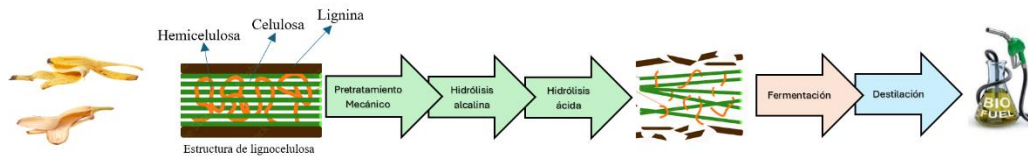
### 2.7.3. Fermentación

En esta fase, los microorganismos llevan a cabo un proceso anaeróbico sobre los azúcares fermentables extraídos de la cáscara de plátano, generando etanol y dióxido de carbono como resultado del metabolismo de la glucólisis (Gómez y Martín, 2021). El microorganismo empleado para la fermentación se utilizó en forma de levadura seca instantánea (Keryanti, et al., 2024).

Antes de comenzar el proceso de fermentación, se procedió a activar la levadura añadiendo 1g de levadura en tres envases y 2 g en otros tres. Posteriormente, se incorporaron 3 g de azúcar en cada envase junto con 50 ml de agua destilada. La mezcla se agitó hasta obtener una consistencia homogénea y se dejó reposar durante 15 minutos. Luego, se añadió el jarabe y el mosto resultante de la hidrólisis en los envases. Estos se sellaron y en la tapa se realizó una apertura donde se conectó un extremo de una manguera, mientras que el otro extremo se sumergió en agua para permitir la liberación de gases. El proceso se mantuvo durante un periodo de 7 días (Gómez y Martín, 2021). Al finalizar la fermentación, se llevó a cabo el filtrado de todas las muestras para separar el jarabe del mosto. Posteriormente, se evaluaron con un espectrofotómetro UV-Vis de la marca Vernier para medir la absorbancia. Finalmente, se aplicó la fórmula proporcionada por el instrumento, lo que permitió calcular la concentración de etanol en función de los valores obtenidos. Además, se midió el °Brix final y el pH final de cada muestra.

**Figura 1.**

*Esquema ilustrativo de las etapas implicadas en la conversión bioquímica de residuos de cáscara de plátano en bioetanol.*



*Fuente. Propia*

## 2.8. Análisis de datos

Se recurrió principalmente a dos programas informáticos: Excel y Jamovi. Los mismos que estuvieron orientados a la recolección, análisis y procesamiento de los datos obtenidos producto de la aplicación de técnicas cuantitativas en el laboratorio. Los citados programas, mediante cálculos avanzados, otorgaron como resultado tablas, gráficos y figuras, etc. (Hernández, et al., 2014, p. 587). Se emplearon diversas pruebas estadísticas inferenciales como la prueba de Shapiro-Wilk, prueba de Levene, ANOVA de dos vías y comparaciones Post-Hoc. Asimismo, se llevó a cabo un análisis descriptivo donde se generaron diagramas de bloques, curvas de densidad y gráficos de violín para visualizar la distribución de los datos.

## 2.9. Aspectos éticos

Mi investigación se basó en principios éticos que promueven el progreso del conocimiento, la comprensión, el mejoramiento de la condición humana, y el avance de la sociedad en su conjunto. Los datos analizados no fueron modificados, asegurando la veracidad y replicabilidad de mi trabajo. Se respetó el código de ética para la investigación científica de la UPN.

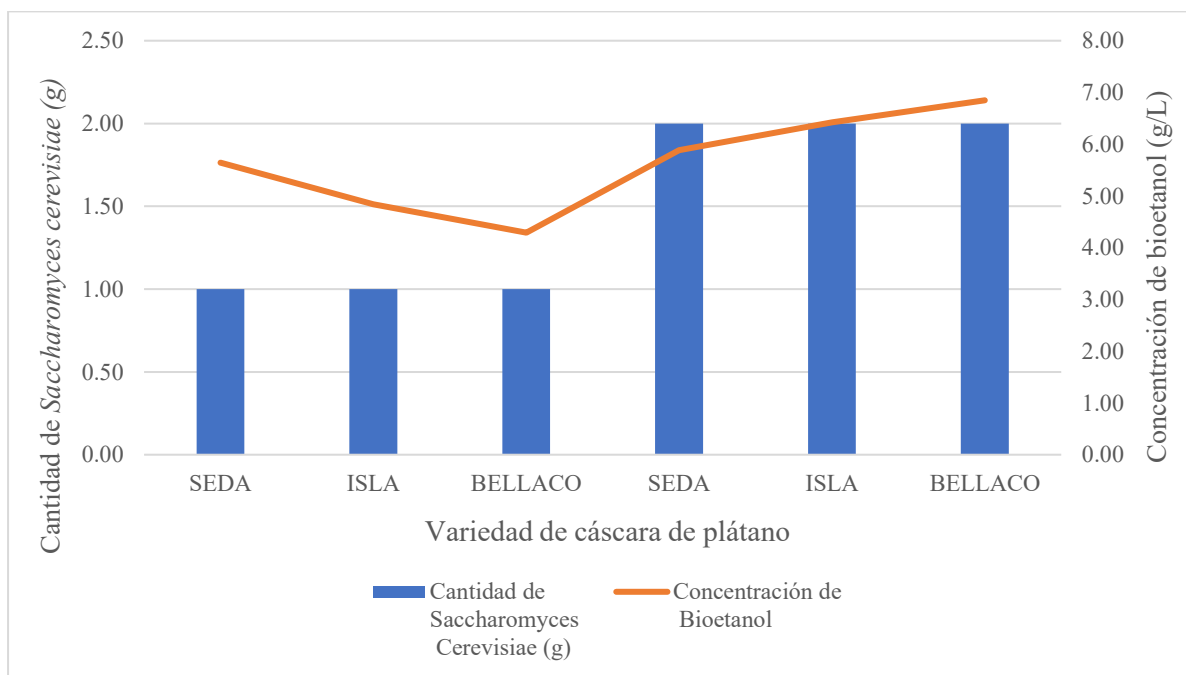
### CAPÍTULO III. RESULTADOS

Este capítulo expondrá los resultados obtenidos en esta investigación, los cuales serán analizados en función de los objetivos establecidos.

#### 3.1. Influencia de la levadura en la producción de bioetanol a partir de cáscaras de plátano.

**Figura 2**

*Relación entre la cantidad de levadura y la concentración de bioetanol para diferentes variedades de cáscara de plátano.*



*Nota.* La figura representa que la variedad de plátano de seda, fermentada con un gramo de levadura, obtuvo una concentración de bioetanol de 5,64 g/L. Asimismo, la variedad de plátano bellaco, con dos gramos de levadura alcanzó la mayor concentración de bioetanol con un valor de 6,85 g/L.

Las pruebas de bondad de ajuste se utilizan para contrastar si los datos de la muestra pueden considerarse que proceden de una determinada distribución o modelo de probabilidad.

Cuando el tamaño de la muestra es menor o igual a 50, la prueba de contraste de bondad de ajuste a una distribución normal es la prueba de Shapiro-Wilks (Romero-Saldaña, 2016).

Cuando se realiza en el software indicado la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, se genera un valor de  $p$ , el cual se compara con el error alfa (complemento del grado de confianza) (Cardona-Arias, 2015). El valor de “ $\alpha$ ”, por acuerdo, suele disponerse que, si la probabilidad es menor al 5 % (0,05), se considera que es poco probable que el resultado sea producto del azar, lo que por consecuencia ocasiona el rechazo de la hipótesis nula y afirma que hay diferencias significativas. De lo contrario, si este valor de probabilidad es mayor al 5%, no se tendrá la suficiente confianza como para negar que la variación observada sea producto de la aleatoriedad (Molina, 2017).

## Tabla 2

*Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk).*

estadístico	p
0,96	0,56

Fuente: The jamovi project, 2022.

El análisis se hace a un 95% de confianza, con una significancia del 5 % (0,05). Si el valor de  $p$  en la prueba de normalidad es mayor o igual a 0,05, indicaría que los datos provienen de una población con distribución normal y, en consecuencia, se harán pruebas paramétricas para el análisis como ANOVA. En caso contrario, si el valor de  $p$  es menor a 0,05, los datos no seguirían una distribución normal, lo que conllevaría a utilizar pruebas no paramétricas (Cardona-Arias, 2015).

En la Tabla 2 se puede contemplar que el valor de  $p$  de Shapiro-Wilk es mayor a 0,05, entonces los datos siguen una distribución normal, entonces, eso significa que no hay evidencia

significativa para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, se debe continuar realizando pruebas paramétricas como ANOVA.

Adicionalmente, se realizó la prueba de Levene (supuesto de homogeneidad), que es una prueba estadística que se utiliza a un 95% de confianza, con una significancia del 5 % (0,05) (Levene, 1960). La prueba evalúa la hipótesis nula que establece que las varianzas poblacionales son equivalentes. Si el F-valor resultante de la prueba de Levene es inferior al nivel de significación (0,05), la hipótesis nula de igualdad de varianzas se rechaza y se concluye que hay una diferencia entre las variaciones en la población. De lo contrario, se acepta la hipótesis nula y es posible afirmar que las varianzas de las diferentes muestras son iguales (García, et al., 2022).

### Tabla 3

*Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas.*

F	gl1	gl2	p
1,19	5	12	0,37

Fuente: The jamovi project, 2022.

Como se observa en la Tabla 3, los resultados indican que bajo la prueba de Levene las varianzas son homogéneas, debido a que el F es mayor al nivel de significancia ( $\alpha=0,05$ ), por lo tanto, no se puede rechazar la hipótesis nula porque no hay diferencias significativas, cumpliéndose así el principio de homogeneidad de varianzas.

Para el análisis de la diferencia observada ente los grupos se utilizó ANOVA de dos vías y PostHoc de Tukey con un nivel de significancia de 5% (Rosa, 2018).

**Tabla 4**
*ANOVA de dos vías – Concentración de bioetanol.*

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Variedad de cáscara de plátano	0,12	2	0,06	0,03	0,97
Cantidad de Levadura	9,60	1	9,59	5,70	0,03
Variedad de cáscara de plátano ×Cantidad de levadura	4,06	2	2,03	1,21	0,33
Residuos	20,20	12	1,68		

Fuente: The jamovi project, 2022.

En la tabla 4 se muestran los resultados del ANOVA de dos vías con respecto a la variedad de cáscara de plátano obtuvieron un valor de  $p = 0,97$ . Este valor demuestra que las diferencias observadas no son estadísticamente significativas, es decir, no influye directamente sobre la concentración de bioetanol. De la misma forma, la interacción entre la variedad de cáscara de plátano con respecto a la cantidad de levadura tampoco tuvo diferencias significativas, esto se evidencia en el valor de  $p = 0,33$ , lo que refleja que no existe una sinergia entre ambas variables que impacten directamente sobre la concentración de bioetanol. Por el contrario, la cantidad de levadura, operando de manera autónoma, obtuvo un valor de  $p = 0,03$ , lo que como resultado significa que tiene un impacto significativo en la concentración de bioetanol.

**Tabla 5**
*Comparaciones Post-Hoc - Cantidad de levadura.*

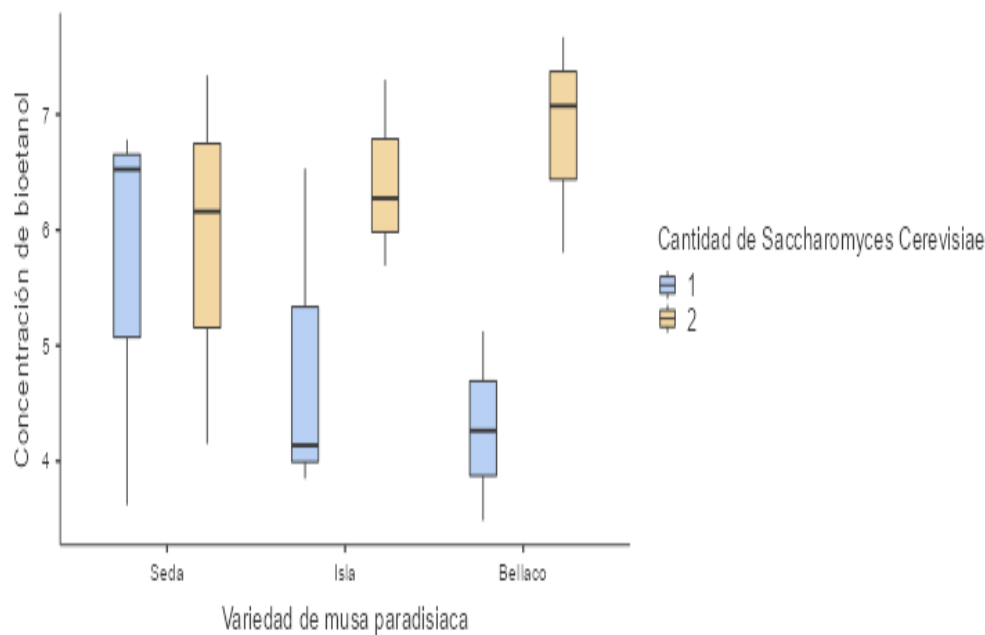
Comparación		Diferencia de Medias	EE	gl	t	$p_{Tukey}$
Cantidad de levadura	Cantidad de levadura					
1	- 2	-1,46	0,61	12	-2,39	0,03

Fuente: The jamovi project, 2022.

Como se puede observar en la tabla 5, el  $p$  de Tukey tiene un valor de 0,03. Con este resultado se demuestra que una mayor cantidad de levadura resulta en un aumento de la concentración de bioetanol.

### Figura 3

Diagrama de caja y bigotes de la Concentración de bioetanol según variedad de plátano y cantidad de levadura.



*Nota.* La figura representa la distribución de los datos de concentración de bioetanol. Las cajas contienen el 50 % de los datos y los bigotes el otro 50 %. La línea dentro de la caja equivale al valor central de los datos (mediana). El límite inferior de cada caja simboliza el cuartil 1 y el superior el cuartil 3. El valor mínimo de concentración de bioetanol se puede apreciar como la parte inferior de los bigotes, evidenciándose que, de todas las variedades de plátano, la variedad bellaco, con 3,48 g/L es la menor concentración obtenida. Asimismo, el valor máximo es la parte superior de los bigotes.

superior de los bigotes, el cual también se asignó a la variedad bellaco con un valor de 7,67 g/L.

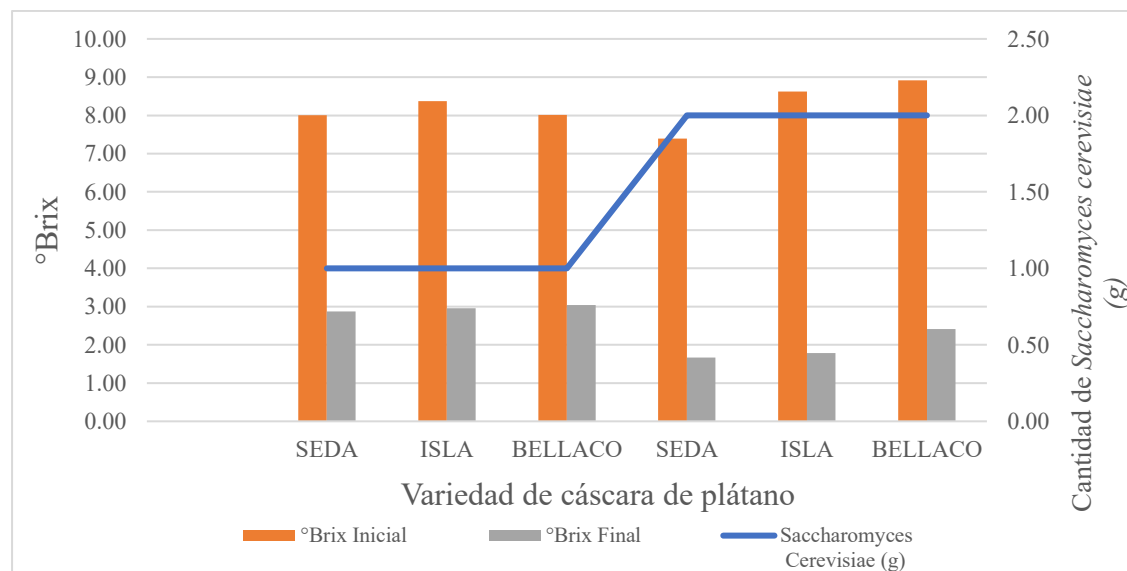
Fuente: The jamovi project, 2022.

### 3.2. Interacción entre la levadura y los residuos de cáscara de plátano sobre el °Brix final.

En cuanto a este objetivo y los demás, dado que el análisis estadístico y el procedimiento metodológico utilizado previamente en el objetivo general es el mismo, de aquí en adelante solo se presentarán los resultados más relevantes, a fin de omitir detalles ya explicados anteriormente.

#### Figura 4

*Variación de los °Brix inicial y final en la fermentación de residuos de tres variedades de cáscara de Musa paradisiaca con diferentes cantidades de Saccharomyces Cerevisiae.*



*Nota.* La figura indica un promedio de 8,20 °Brix después de la hidrólisis en todos los experimentos. Ahora bien, se puede identificar que las muestras fermentadas con un gramo de levadura, los °Brix disminuyeron hasta un promedio de tres. Por otra parte, las muestras

fermentadas con el doble de levadura registraron una disminución adicional, situándose a un promedio de dos.

Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk para saber si los datos °Brix finales siguen una distribución normal. Estos resultados se pueden observar en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk).*

estadístico	p
2,41	0,51

Fuente: The jamovi project, 2022.

En la Tabla 6, el valor de  $p$  es mayor a 0,05, por lo tanto, se deben hacer pruebas paramétricas como ANOVA. Adicionalmente, se realizó la prueba de Levene para verificar la homogeneidad de varianzas.

**Tabla 7**

*Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas.*

F	gl1	gl2	p
2,41	5	12	0,10

Fuente: The jamovi project, 2022.

Como se observa en la Tabla 7, el valor de F es mayor al valor de nivel de significancia ( $\alpha=0,05$ ). Esto significa que las varianzas son homogéneas. En consecuencia, se utilizará ANOVA de dos vías.

**Tabla 8**

ANOVA de dos vías - °Brix final.

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Variedad de cáscara de plátano	0,62	2	0,31	0,98	0,40
Cantidad de Levadura	5,42	1	5,42	17,09	0,001
Variedad de cáscara de plátano × Cantidad de levadura	0,40	2	0,20	0,63	0,55
Residuos	3,81	12	0,32		

Fuente: The jamovi project, 2022.

En la tabla 8 se muestran los resultados del ANOVA demuestran que la variedad de cáscara de plátano y la interacción entre la variedad de cáscara de plátano en conjunción con la cantidad de levadura no tienen un efecto significativo en la disminución de los °Brix, debido a que el valor de  $p$  es mayor a 0,05. Sin embargo, la cantidad de levadura, de forma independiente, obtuvo un valor de  $p=0,001$ , el cual demuestra que la cantidad de levadura tiene un efecto significativo sobre la disminución de °Brix finales.

**Tabla 9**

Comparaciones Post -Hoc - Cantidad de levadura.

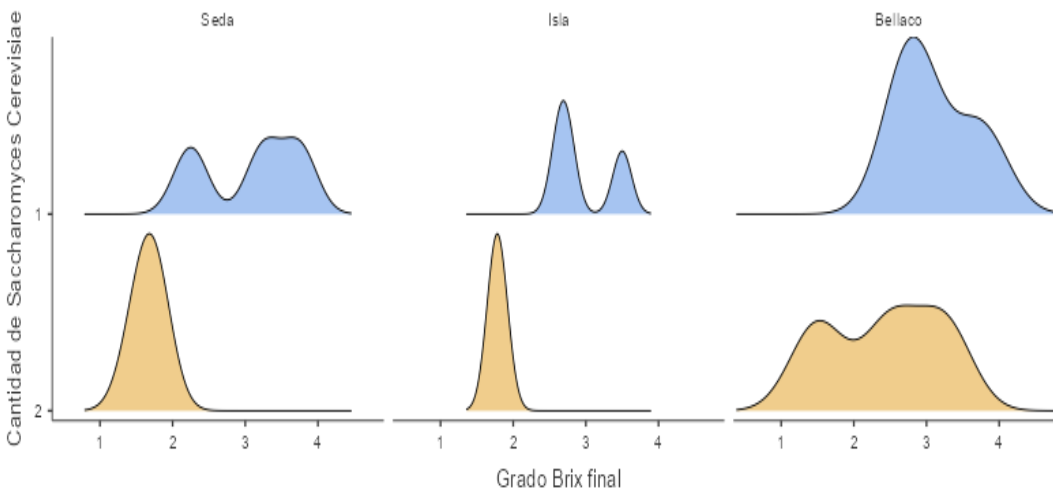
Comparación		Diferencia de Medias	EE	gl	t	$p_{\text{Tukey}}$
Cantidad de levadura	Cantidad de levadura					
1	2	1,10	0,27	12	4,13	0,001

Fuente: The jamovi project, 2022.

Como se puede observar en la tabla 9, el  $p$  de Tukey tiene un valor de 0,001. Con este resultado se demuestra que una mayor cantidad levadura consume más azúcares durante la fermentación, lo que resulta en una mayor disminución de los °Brix.

**Figura 5**

*Curvas de densidad de la distribución de °Brix finales según variedad de plátano y cantidad de levadura.*

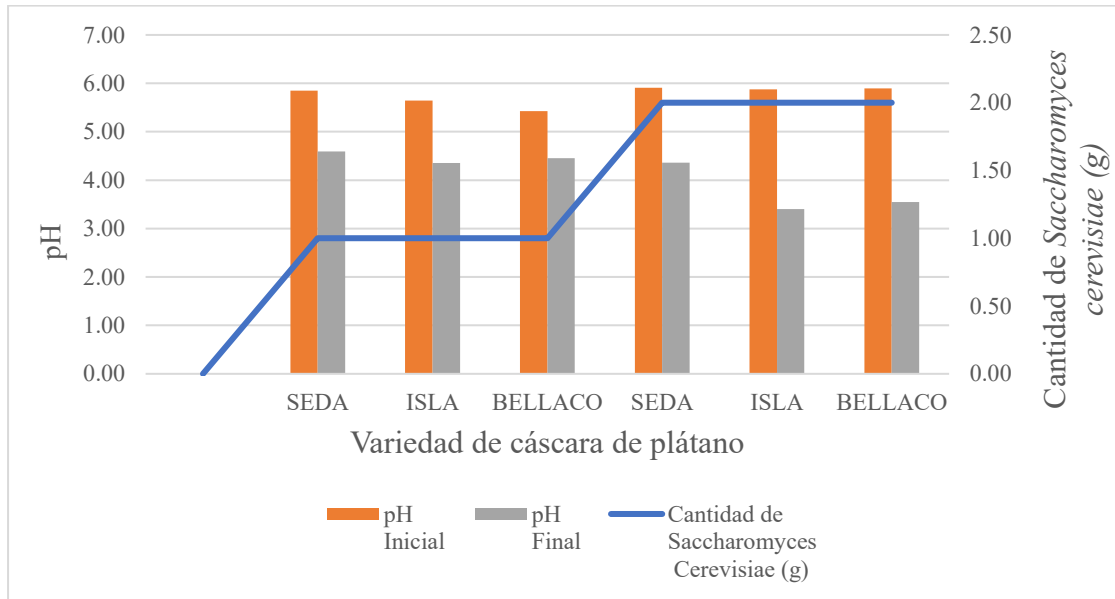


*Nota.* La variedad seda e isla, fermentadas con un gramo de levadura, reportaron una distribución bimodal, lo que indica la formación de dos subgrupos con valores °Brix distintos, debido a variaciones internas durante la fermentación. Por el contrario, cuando se fermentaron con dos gramos de levadura, se observó una distribución unimodal, indicando una fermentación constante con valores °Brix semejantes en ese intervalo de valores. Por otro lado, la variedad bellaco en ambos casos de fermentación, presentó una mayor dispersión de datos. Fuente: The jamovi project, 2022.

### **3.3. Interacción entre la levadura y los residuos de cáscara de plátano sobre el pH final.**

**Figura 6**

*Variación del pH inicial y final en la fermentación de residuos de tres variedades de Musa paradisiaca con diferentes cantidades de Saccharomyces cerevisiae.*



*Nota.* Al inicio de la fermentación, se reportó un pH promedio de 5,77 en todos los experimentos. Al finalizar, los que tenían un gramo de levadura, se pudo verificar una disminución del pH hasta 4,47. Simultáneamente, los experimentos que tenían dos gramos de levadura indicaron una disminución mayor del pH hasta un valor promedio de 3,77.

Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk para saber si los datos pH final siguen una distribución normal. Estos resultados se pueden observar en la tabla 10.

**Tabla 10**

*Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk).*

Estadístico	p
0,97	0,50

Fuente: The jamovi project, 2022.

Como se puede observar en la Tabla 10, el valor de  $p$  superó el umbral de 0,05 ( $p > 0,05$ ).

Asimismo, se realizó la prueba de Levene para comprobar si las varianzas son homogéneas.

**Tabla 11**

*Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas.*

F	gl1	gl2	p
0,78	5	12	0,59

Fuente: The jamovi project, 2022.

Como el valor de F en la prueba de Levene es mayor al valor de  $p$  como se observa en la Tabla 11, en razón de esto, las varianzas son homogéneas. Por lo tanto, se justifica el uso de la prueba paramétrica ANOVA de dos vías, respaldada adicionalmente por un valor de  $p$  de Shapiro-Wilk mayor a 0,05.

**Tabla 12**

*ANOVA de dos vías – pH Final.*

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Variedad de cáscara de plátano	1,20	2	0,60	2,19	0,16
Cantidad de Levadura	2,17	1	2,17	7,94	0,02
Variedad de cáscara de plátano × Cantidad de levadura	0,48	2	0,24	0,88	0,44
Residuos	3,28	12	0,27		

Fuente: The jamovi project, 2022.

En la Tabla 12 se puede contemplar que los resultados del ANOVA demuestran que la variedad de cáscara de plátano no tiene influencia significativa en la disminución del pH, ya que el valor de  $p$  igual a 0,16. De manera semejante, la correlación entre la variedad de cáscara de

plátano y cantidad de levadura tampoco fue significativa al poseer un valor de  $p$  igual a 0,44.

Finalmente, la levadura proporcionó un  $p$  igual a 0,02, el cual demuestra una interacción significativa por parte de la levadura en la disminución del pH.

**Tabla 13**

*Comparaciones Post Hoc - pH final.*

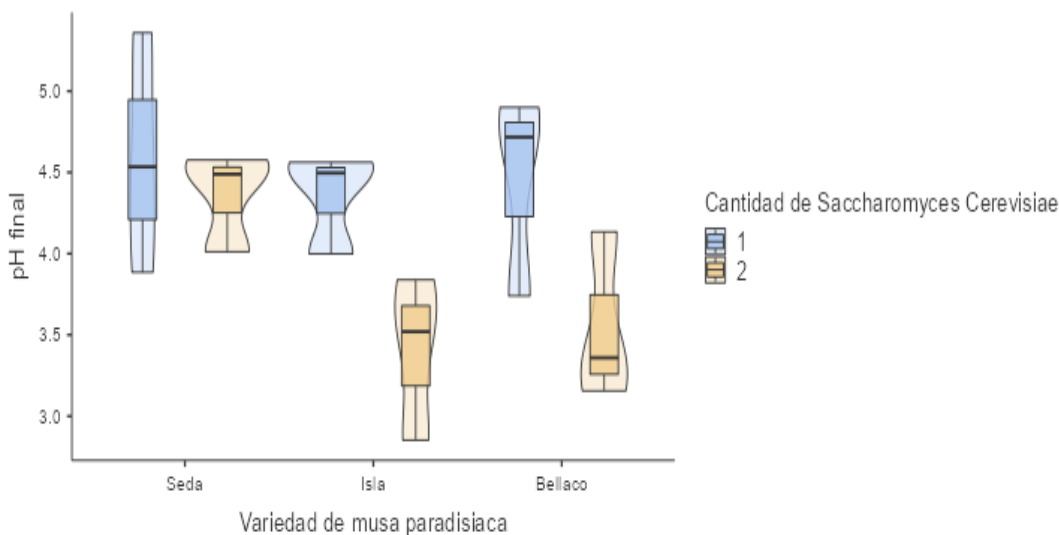
Comparación		Diferencia de Medias	EE	gl	t	$p_{tukey}$
Cantidad de levadura	Cantidad de levadura					
1	2	0,70	0,25	12	2,82	0,02

Fuente: The jamovi project, 2022.

Como se puede observar en la tabla 13, el  $p$  de Tukey es 0,02. Este resultado demuestra que una mayor cantidad de levadura resulta en una mayor disminución del pH.

**Figura 7**

*Gráfico de violín y boxplot de la distribución de pH final según variedad de plátano y cantidad de levadura.*



*Nota.* Se tomó como referencia los diagramas de caja para interpretar correctamente el diagrama de violín. Las partes anchas de los diagramas corresponden a una mayor densidad de datos del pH, mientras que las más delgadas a una menor densidad y, por ende, una mayor dispersión. Los diagramas de color azul representan los experimentos que fueron fermentados con un gramo de levadura, observándose que la mediana se centra en un valor promedio de pH de aproximadamente 4,60. Los diagramas de color anaranjado representan los experimentos que fueron fermentados con dos gramos de levadura, reportando una disminución del pH, con una mediana cerca de los 3,80. Fuente: The jamovi project, 2022.

## CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

En función de estas propiedades, se planteó como objetivo general, evaluar la influencia de *Saccharomyces cerevisiae* en la producción de bioetanol a partir de residuos de cáscara de *Musa paradisiaca*. Después del análisis por espectrofotometría UV-Vis, la que proporcionó la mayor concentración fue la variedad seda con un valor de 5,64 g/L utilizando 1 gramo de levadura, y la variedad bellaco obtuvo 6,85 g/L al emplear 2 gramos de levadura. Es así como, Keryanti et al. (2023), en la técnica por Fermentación por Hidrólisis Separada (SHF), obtuvieron una concentración de etanol al finalizar la fermentación de 51,11 g/L, siendo superior a la técnica de Sacarificación y Fermentación Simultánea (SSF), donde se obtuvo el resultado de 33,67 g/L. La concentración óptima de desechos de cáscara de plátano fue de 300 g/L. Estos resultados superaron ampliamente los valores obtenidos en este estudio, lo cual podría atribuirse posiblemente a la utilización de ácido clorhídrico al 5 % en el proceso de hidrólisis. Según Rodríguez-Palenzuela (2000), al ser un ácido fuerte, este fue mucho más eficaz que el ácido fosfórico en la liberación de azúcares fermentables. Otro factor que podría haber influido en los

resultados es que, a pesar de haber utilizado una cantidad de levadura menor, el medio donde se iniciaría la fermentación fue previamente esterilizado para eliminar bacterias y otros microorganismos que podrían haber competido con la levadura por los azúcares disponibles. Adicionalmente, el medio fue incubado por 24 horas a una temperatura idónea para el crecimiento óptimo de la levadura. Toda esta suma de factores contribuyó a que, a pesar de utilizar una cantidad menor de levadura, la cual fue de 0,01 gramos en comparación a la de este estudio que fue de 1 gramo y 2 gramos, haya sido más que suficiente para generar una mayor concentración de bioetanol. Conforme a lo indicado por Limayem y Ricke (2012), esto demuestra que una mayor cantidad de levadura no necesariamente conduce a una mayor producción de bioetanol si las condiciones del proceso no son controladas correctamente. Finalmente, al utilizarse una técnica analítica de alta precisión como la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), es probable que las mediciones hayan sido más exactas. Por otro lado, Gómez y Martín (2021), obtuvo como resultado que la concentración más alta de bioetanol correspondió a la cáscara madura, con un valor de 12,21 g/L utilizando diez gramos de levadura durante la fermentación, mientras que en la cáscara verde la mayor cantidad de bioetanol fue de 1,32 g/L, también utilizando diez gramos de levadura. Estos hallazgos fueron comparables a la presente investigación, denotando una superioridad en la concentración de bioetanol en la cáscara madura producto de una mayor cantidad de levadura utilizada en la fermentación, a diferencia de la cáscara verde, que indicó una concentración menor. Adicionalmente, en su análisis estadístico utilizaron ANOVA para comparar sus variables, en el cual, señalaron que tanto el estado de madures de la cáscara de plátano como la cantidad de levadura son significativas, a diferencia de la presente investigación que se demostró que solo la levadura es significativa.

De la misma manera, con respecto a los resultados de Amir et al. (2019), en su investigación observaron una mayor concentración de bioetanol que la de este estudio, la cual fue de 157,07 mg/ml a un pH de 6, así como la menor concentración de etanol fue de 63,77 mg/ml a un pH con un valor de 12. De la misma manera que la investigación anterior, se podría estar demostrando que preparar un iniciador para la levadura e incubarlo, para después utilizarlo en el proceso de fermentación, resultaría en un incremento en la eficiencia de conversión de azúcares a bioetanol. Además, tal como señala Amir et al. (2019), se puede contemplar que la producción óptima de etanol mejora en condiciones con pH ácido, mientras que condiciones alcalinas no favorecen altos rendimientos de bioetanol.

Como primer objetivo específico, se planteó determinar si existe interacción significativa entre *Saccharomyces cerevisiae* y los residuos de cáscara de *Musa paradisiaca* sobre el °Brix final. La variedad Isla presentó el mayor valor de °Brix con una cantidad de 1g de levadura, registrando 8,38 °Brix. Tras terminar los 7 días de fermentación, este disminuyó a 2,96 °Brix. Ahora bien, la variedad Bellaco presentó el mayor °Brix con 2 gramos de levadura, con un valor de 8,92 °Brix, y al finalizar la fermentación esta se redujo a 2,42 °Brix. Estos resultados indican que la cantidad inicial de °Brix aparentemente podría disminuir si se incrementa la cantidad de levadura en el proceso de fermentación. Estos resultados fueron semejantes al proyecto de investigación de Navarro y Vela (2022), donde también se analizaron los °Brix a lo largo de la fermentación, pero por un periodo de 11 días en tres variedades de cáscara de plátano. La variedad palillo al inicio tuvo un valor de 6 °Brix y finalizó con 3 °Brix; por su parte, la variedad Bellaco inició con 8 °Brix y finalizó también con 3 °Brix; y por último, la variedad Seda presentó un valor inicial de 7 °Brix, que descendió a 3 °Brix al concluir el proceso. Es importante destacar que en esta investigación no se llevó a cabo un proceso de hidrólisis para

descomponer la lignina, celulosa y hemicelulosa, lo que pudo haber influido en valores iniciales de °Brix más bajos. Estos resultados con respecto a los °Brix fueron inferiores a los reportados en este estudio, debido a que, según lo expuesto por Rinah et al. (2019), la ausencia de una hidrólisis alcalina pudo haber interferido en la liberación de azúcares a causa de no haber sido removida correctamente la lignina. Por otro lado, Llenque-Díaz et al. (2020) en su artículo de investigación, presentaron resultados considerablemente superiores a este estudio, documentando 14 °Brix en cáscara de mandarina, 20 °Brix en cáscara de maracuyá y 22 °Brix en hojas de eucalipto. En ese sentido, Rodríguez-Palenzuela (2000) sostiene que esto pudo ser causado porque el ácido clorhídrico es mucho más efectivo que el ácido fosfórico en romper la estructura lignocelulósica y liberar azúcares fermentables. Sumado a esto, Limayen y Ricke (2012) indican que las condiciones en la que se ejecutó el tratamiento, como la temperatura y el tiempo de exposición, también influirían en la eficiencia del proceso. Por otro lado, Shedrack et al. (2024), fermentaron jugo de piña evidenciando una reducción de °Brix de 12,67 a 5 en los dos tratamientos, sin embargo, el T con fermentación natural a diferencia del T con levadura, la reducción fue más lenta. Igualmente, Sharon et al. (2024) formularon 4 tratamientos, donde se registró que el mayor °Brix se dio en el T con cáscara de plátano con un valor de 18,66 y luego de la fermentación esta se redujo a 11,66 °Brix. En cambio, en el T con cáscara de naranja hubo una reducción de °Brix de 15,33 a 11,67.

Como segundo objetivo específico, se planteó determinar si existe interacción significativa entre *Saccharomyces cerevisiae* y los residuos de cáscara de *Musa paradisiaca* sobre el pH final. Los valores que se obtuvieron de pH oscilaron entre 5,77 y 4,12, observándose disminuciones al finalizar el proceso de fermentación, diferenciándose algunas variedades de otras por tener variaciones más notables. Por su parte, Amir et al. (2019) obtuvieron las mayores

concentraciones de bioetanol a pH ácidos 4 y 6. De igual manera, Navarro y Vela (2022) mostraron en su proyecto de investigación que en la etapa de fermentación en las tres variedades de plátano se inició con pH de 6,50 a 5,50; luego de transcurridos los 11 días, el pH se redujo hasta 4. Finalmente, en la investigación de Araneda et al. (2019), también notificó una disminución del pH en sus experimentos de 5,30 a 3,80, esta disminución se contempló en condiciones de temperatura de 25 °C y 37 °C durante la fermentación. A raíz de ello, Rodríguez-Palenzuela (2000), señala que en todos estos estudios se puede contemplar que la levadura durante el proceso de fermentación es más eficiente cuando se utiliza un medio ácido porque inhibe el crecimiento de otros microorganismos, reduciendo así la competencia y el riesgo de subproductos no deseados. De forma similar, Diógenes y Carmo (2021), manifestaron que el pH ideal se encuentra en el rango de 4 a 5, condición en la cual los microorganismos fermentadores como la *Saccharomyces cerevisiae* pueden desenvolverse de manera óptima. Asimismo Peñuela et al. (2014) y Córdoba y Guerrero (2016), sostuvieron que la disminución del pH se debe a que, durante la fermentación, la levadura produce ácidos orgánicos como el ácido láctico a partir de los azúcares y de la degradación de pectinas presentes en el mosto.

En lo que se refiere a las limitaciones, para el proceso de la hidrólisis se necesitaron principalmente reactivos como ácidos o bases fuertes, tal es el caso como el ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, los mismos que son regulados por la Ley N° 29037, que modifica la ley 28305, ley de control de insumos químicos y productos fiscalizados, por lo cual hace mucho más dificultoso y costoso obtenerlos. Por consiguiente, se utilizó ácido fosfórico como reemplazo del ácido sulfúrico, lo cual habría disminuido significativamente la eficiencia de la hidrólisis al tratarse de un ácido débil. Otra limitación fue que, para medir la concentración de azúcares de manera más precisa, hubiera sido más adecuado llevar a cabo el método de DNS y utilizar el

equipo de espectrofotometría UV-vis debido a su especificidad para azúcares reductores, ofreciendo una ventaja sobre el refractómetro analógico, cuya lectura de sólidos solubles totales podría verse afectada por la presencia de otros compuestos distintos a los azúcares. No obstante, debido a la carencia de los reactivos principales para implementar el método de DNS, se optó por la refractometría como alternativa viable para estimar la concentración de azúcares.

En cuanto a la implicancia teórica, la presente investigación contribuye considerablemente a la amplia multiplicidad de estudios existentes en el campo de la generación de biocombustibles a partir de residuos orgánicos, al plantear a la cáscara de plátano como una alternativa atractiva para reemplazar las materias primas convencionales. Con relación a la implicancia práctica, se logró demostrar que la levadura es eficiente en la conversión de azúcares a bioetanol y que la variedad de plátano no influye significativamente en el rendimiento del proceso, constituyéndose, así como referencia para futuras investigaciones. Por último, sobre la implicancia metodológica, se validó un procedimiento de tipo experimental, en el cual se realizaron una serie de procesos secuenciales que tuvieron como fin la producción de bioetanol a partir de residuos de cáscara de plátano utilizando diferentes cantidades de levadura.

#### **4.4. Conclusiones**

Se concluye que es factible la producción de bioetanol a partir de residuos de cáscara de plátano mediante distintas cantidades de levadura, sin embargo, en este estudio, exclusivamente la cantidad de levadura en el proceso de fermentación es un factor determinante, dado que se demostró que al utilizar 1 gramo se obtuvo una concentración de bioetanol promedio de 4,92 g/L, en comparación a 2 g, que como consecuencia, resultó en una mayor concentración de bioetanol con un valor de 6,38 g/L, incrementándose el rendimiento en un 29,66 %. Se comprobó también que la variedad de cáscara de plátano, así como, la correlación de esta con la levadura

no influye significativamente en el proceso, esto implica que cualquier variedad puede ser utilizada como materia prima sin que comprometa la eficiencia en la obtención de bioetanol.

En relación con el primer objetivo específico, se llegó a la conclusión de que la cantidad de levadura influye en el proceso de fermentación, esto se refleja en la disminución de °Brix donde se contempló una reducción del 63,60 % en base al °Brix inicial que se situó en un promedio de 8,13 al hacer uso de un gramo de levadura, de manera similar, al utilizar dos gramos de levadura, se reportó una reducción de 76,47 % respecto al °Brix inicial.

En cuanto al segundo objetivo específico, se determinó que la disminución del pH únicamente se logró gracias a la acción de la levadura. Los resultados contemplaron una reducción del 27,60 % al utilizar 1 gramo en el proceso de fermentación, y un descenso del 56,28 % al utilizar 2 gramos.

#### **4.5. Recomendaciones**

Se recomienda explorar un rango más amplio de cantidades de levadura, afín de encontrar la dosis óptima que amplifique la producción de bioetanol. Al mismo tiempo, se debe evaluar diferentes cepas de levadura con el propósito de identificar la más eficiente.

Se sugiere hacer un análisis de la composición química inicial y final de la cáscara de plátano a efectos de determinar el contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa. Conocer estos datos permitirá cuantificar el rendimiento tanto de la hidrólisis alcalina como de la hidrólisis ácida de manera más precisa y fiable. Para la hidrólisis ácida, utilizar un ácido fuerte como el sulfúrico a diferencia de un ácido débil como el fosfórico, ocasionaría un incremento en la cantidad de azúcares liberados.

## CAPITULO V. REFERENCIAS

- Alzate, S., Díaz, A., Flórez-López. y Grande-Tovar. (2021). Recovery of Banana Waste-Loss from Production and Processing: A Contribution to a Circular Economy. *Molecules*, 26, 5282. <https://doi.org/10.3390/molecules26175282>
- Amir, M., Alias, A. y Ahmad, N. (2019). Production of Biofuel (Bio-Ethanol) From Fruitwaste: Banana Peels. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(1), 5897-5901. DOI: 10.35940/ijeat.A3024.109119
- Amir, M., Birch, J. y Alaa, El-Din. (2019). Production, application and health effects of banana Pulp and peel flour in the food industry. *Journal of food Science and Technology*, 56, 548-559. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-018-03562-z>
- Aouine, M., Elalami, D., Koraichi, S.I., Haggoud, A. y Barakat, A. (2022). Exploring Natural Fermented Foods as a Source for New Efficient Thermotolerant Yeasts for the Production of Second-Generation Bioethanol. *Energies*, 15(14), 4954. <https://doi.org/10.3390/en15144954>
- Araneda, I., Correa, C. y Irazabal, F. (2019). *Obtención de bioetanol a partir del banano orgánico (Musa paradisiaca) No exportable* [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Piura]. Archivo digital. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUMP\\_497a096ad9864c8e3d5c9debb84c1bb9](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUMP_497a096ad9864c8e3d5c9debb84c1bb9)
- Awodi, P.S., Ogbonna, J.C. y Nwagu, T.N. (2022). Bioconversion of mango (*Mangifera indica*) seed kernel starch into bioethanol using various fermentation techniques. *Heliyon*, 8(6), e09707. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09707>
- Badanayak., P., Jose, S. y Bose, G. (2023). Banana pseudostem fiber: A Critical review on fiber extraction, characterization, and surface modification. *Journal of Natural Fibers*, 20(1), 2168821. <https://doi.org/10.1080/15440478.2023.2168821>

- Broda, M., Yelle, D.J. y Serwańska, K. (2022). Bioethanol Production from Lignocellulosic Biomass—Challenges and Solutions. *Molecules*, 27(24), 8717.  
<https://doi.org/10.3390/molecules27248717>
- Brundtland, G.H. (1987). *Nuestro futuro común (Informe de la comisión mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo sostenible)*.  
[https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE\\_LECTURE\\_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf](https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf)
- Cardona-Arias, J. (2015). Ortodoxia y fisuras en el diseño y ejecución de estudios descriptivos. *Revista Med*, 23(1), 40-51.
- Carriazo, K y Tarras, P. (2012). *Estudio de factibilidad para una planta de bioetanol a partir del aprovechamiento cascara de plátano en la empresa Colombian Biofuel S.A.S* [Tesis de titulación, Universidad de Cartagena]. Archivo digital.
- Córdoba-Castro, N. y Guerrero-Fajardo, J. (2016). Caracterización de los procesos tradicionales de fermentación de café en el departamento de Nariño. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 75-83. DOI:10.18684/BSAA(14)75-83.
- Diógenes, B.C. y Carmo, S.K.S. (2021). Desempenho da *Saccharomyces cerevisiae* ao estresse ácido no proceso de fermentação alcoólica. *Research, Society and Development*, 10(10), e232101018716. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18716>
- Drapcho, C.M., Nghim, N.P. y Walker, T. (2008). *Biofuels Engineering Process Technology*. McGraw-Hill Education.  
<https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071487498>
- Duymovich, C., Acheme, R., Sesini, S. y Mazziotta, D. (2005). Espectrofotómetros y Fotocolorímetros Guía práctica de actualización. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 39(4), 529-539. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53539414>
- Espinoza, E. (2009). *Análisis técnico-económico para la producción de bioetanol anhidro a partir de naranja* [Tesis de titulación, Universidad Autónoma del estado de México]. Archivo digital.

[https://www.researchgate.net/publication/319345257\\_Technical\\_and\\_economic\\_analysis\\_to\\_produce\\_bioethanol\\_from\\_orange\\_in\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/319345257_Technical_and_economic_analysis_to_produce_bioethanol_from_orange_in_Mexico)

Gajera, Z.R., Verma, K., Tekade, S.P. y Sawarkar, A.N. (2020). Kinetics of co-gasification of rice husk biomass and high sulphur petroleum coke with oxygen as gasifying medium via TGA. *Bioresource Technology Reports*, 11, 100479.

<https://doi.org/10.1016/j.biteb.2020.100479>

García Bu Bucogen, G., Piccolo, M.C. y Bohn, V.Y. (2022). Implementación de datos meteorológicos modelados en el norte patagónico argentino (1982-2017). *Investigaciones Geográficas*, (78), 67-87. <https://doi.org/10.14198/INGEO.21449>

Gómez, G. y Martín, G. (2021). *Obtención artesanal de bioetanol mediante desechos de la cáscara de plátano* [Tesis de titulación, Fundación universidad de América]. Archivo digital. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8687/1/6151513-2021-2-IQ.pdf>

Haro, E. y Ramírez, R. (2021). *Técnicas de remoción de contaminantes en las aguas residuales de lavaderos de autos* [Tesis de titulación, Universidad César Vallejo]. Archivo digital.

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/77218/Haro\\_TED-Ramirez\\_PRI-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/77218/Haro_TED-Ramirez_PRI-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Hernández González, O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3), e1442.

<http://scielo.sld.cu/pdf/mgi/v37n3/1561-3038-mgi-37-03-e1442.pdf>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.

Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (1ra ed.). McGraw-Hill.

<https://repositorio.unicartagena.edu.co/entities/publication/1d1d6735-0fc2-453b-905c-685958eca331>

<https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>

- Jahid, M., Gupta, A. Sharma, D.K. (2018). Production of Bioethanol from Fruit Wastes (Banana, Papaya, Pineapple and Mango Peels) Under Milder Conditions, *Bioprocessing & Biotechniques*, 8(3), 1-11. DOI: 10.4172/2155-9821.1000327
- Jiménez Salazar, J.A. y Rivera Manrique, S.I. (2024). Propuesta de diseño para la construcción de un espectrofotómetro UV-VIS a base Arduino y fibra óptica. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 28, 1-16. <https://doi.org/10.15174/jc.2024.4521>
- Keryanti., Manfaati, R., Pra, I., Hernawaty, R. y Safaat, A. (2023). A Comparison of ethanol production utilizing separated hydrolysis fermentation and simultaneous saccharification and fermentation methods applied to Tanduk banana peel waste. *E3S Web of Conferences*, 479, 04005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447904005>
- Kumar, B., Bhardwaj, N., Agrawal, K., Chaturvedi, V. y Verma, P. (2020). Current perspective on pretreatment technologies using lignocellulosic biomass: An emerging biorefinery concept. *Fuel Processing Technology*, 199, 106244. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2019.106244>
- Kumar, M., Sun., Y., Rathour, R., Pandey, A., Thakur, I.S. y Tsang, D.C.W. (2020). Algae as potential feedstock for the production of biofuels and value-added products: Opportunities and challenges. *Science of The Total Environment*, 716, 137116. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137116>
- Lara, B.M. (2021). Calentamiento global y desarrollo sostenible, avances y retos actuales en la política pública de México. *Ciencia económica*, 15, 25-41. DOI: 10.22201/fe.24484962e.2020.9.15.2
- Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances. *Contributions to probability and statistics. Essays in honor of Harold Hotelling*, 279-292.
- Ley 28305. Modificada por la Ley 29037. Ley de control de insumos químicos y productos fiscalizados, modifica los artículos 296 y 297, y adiciona el artículo 296B al código Penal, sobre delito de tráfico ilícito de drogas. 12 de junio de 2007. <http://gestop.pe/wp-content/uploads/2014/09/Ley-29037-Ley-que-modifica-la-Ley-N%C2%BA-28305-Ley-de-control-de-insumos-qu%C3%ADmicos-y-productos-fiscalizados.pdf>

- Limayem, A. y Ricke, S. C. (2012). Lignocellulosic biomass for bioethanol production: Current perspectives potential issues and future prospects. *Progress in Energy and Combustion Science*.
- Llenque-Díaz, L., Quintana, A., Torres, L. y Segura, R. (2020). Producción de bioetanol a partir de residuos orgánicos vegetales. *Revista de Investigación Científica REBIOL*, 40(1), 21-29. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.01.03>
- Mgeni, S.T., Mtashobya, L.A. y Emmanuel, J.K. (2024). Bioethanol producción from pineapple fruit waste juice using bakery yeast. *Heliyon*, 10(19), e38172.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38172>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2023). BOLETÍN ESTADÍSTICO MENSUAL, EL AGRO EN CIFRAS. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/4024332-boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras-2023>
- Mishra, K., Rathore, M., Tickoo, J. y Singh, A.K. (2022). Production of bioethanol from fruit waste. *Materials Today: Proceedings*, 68, 1167-1171.  
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.324>
- Molina, M. (2017). ¿ Que significa realmente el valor de p? *Rev. Pediatr Aten Primaria*, 19(76).  
[https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1139-76322017000500014&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1139-76322017000500014&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Munfarida, I., Munir, M. y Rezagama, A. (2021). The use of banana peels as raw materials of bio-alcohol production. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 896, 012019. <https://doi:10.1088/1755-1315/896/1/012019>
- Naciones Unidas. (2023). *Informe de los objetivos de Desarrollo Sostenible*.
- Navarro, F. y Vela, O. (2022). *Determinación del rendimiento en la obtención del bioetanol a partir de la cáscara de tres variedades de la Musa paradisiaca* [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Trujillo] Red de repositorios latinoamericanos.  
<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/9354250>
- Ochoa-Pachas, J.M. y Yunkor-Romero, Y.K. (2022). Los estudios explicativos en el campo de las ciencias sociales. *Acta Jurídica Peruana*, 4(1), 95-113.  
<http://revistas.autonoma.edu.pe/index.php/AJP/article/view/277/242>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2024). *Cultivos y productos de ganadería*.
- Peñuela, A., Oliveros, C. y Sanz, J. (2010). Remoción del mucílago de café a través de fermentación natural. *Cenicafé*, 61(2), 159-173.  
<https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/494>
- Pérez, E., Amores, V. y Loría, A. (2023). Evaluación de parámetros de calidad en bebidas comerciales con contenido de azúcares añadidos. *Rev. Soc. cient. Parag*, 28(1), 84-99.  
<https://doi.org/10.32480/rscp.2023.28.1.84>
- Rezende, C.A., Atta B.W., Breikreitz, M.C., Simister, R., Gomez, L.D. y McQueen-Mason S.J. (2018). Optimization of biomass pretreatments using fractional factorial experimental design. *Biotechnol Biofuels*, 11, 206. <https://doi.org/10.1186/s13068-018-1200-2>
- Rinah, N., Adewale, O., Tonna, A. y Jideani, A. (2019). Banana Bioactives: Absorption, Utilisation and Health Benefits, *Intech*, 32, 137-144.
- Rodríguez, M del C., Espinosa, C.M., Valdez, R. del C., Macías, Z.M. y Rivera, M. (2024). Determinación de contenido de azúcares en bebidas endulzadas de consumo cotidiano. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 28. <https://doi.org/10.15174/jc.2024.4440>
- Rodríguez-Palenzuela, P. (2000). Los ácidos orgánicos como agentes antimicrobianos. *Curso de Especialización FEDNA: Avances in Nutrición y Alimentación Animal*, 16, 155-167.
- Romero-Saldaña, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista Enfermería del Trabajo*, 6(3), 105-114.
- Ruiz, Y. Chauca, S., Soto, C. y Salas, V. (2025). Producción de bioetanol a partir de residuos de naranja (*Citrus sinensis*) y plátano (*Musa paradisiaca* L.). *Revista de Investigación Hatun Yachay Wasi*, 4(1), 109-117. <https://doi.org/10.57107/hyw.v4i1.90>
- Salazar, C. y Del Castillo, S. (2018). *Fundamentos básicos de estadística* (1ra ed.).
- Saravanan, A., Kumar, P.S., Jeevanantham, S., Karishma, S. y Vo, D.V.N. (2022). Recent advances and sustainable development of biofuels production from lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 344, 126203.  
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126203>

- Singh, R.K., Patil, T., Verma, A., Tekade, S.P. y Sawarkar, A. (2021). Insights into kinetics, reaction mechanism, and thermodynamic analysis of pyrolysis of rice straw from rice bowl of India. *Bioresource Technology Reports*, 13, 100639.  
<https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100639>
- Singh, S., Patil, T., Tekade, S.P., Gawande, M.B. y Sawarkar, A.N. (2021). Studies on individual pyrolysis and co-pyrolysis of corn cob and polyethylene: Thermal degradation behavior, possible synergism, kinetics, and thermodynamic analysis. *Science of The Total Environment*, 783, 147004. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147004>
- Stahel, W.R. (1984). *The product-life factor. In An Inquiry into the Nature of Sustainable Societies: The Role of the Private Sector* (Ed. The Woodlands). Houston Advanced Research Center.
- Suárez, I.T., Varguillas, C.S. y Ronceros Morales, C. (2022). Técnicas e Instrumentos de Investigación. Diseño y Validación desde la Perspectiva Cuantitativa. DOI:  
<https://doi.org/10.46498/upelipb.lib.0013>
- The jamovi project (2022). jamovi. (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- U.S. Energy Information Administration. (2021). Biofuels explained, ethanol.  
<https://www.eia.gov/energyexplained/biofuels/ethanol.php>
- U.S. Energy Information Administration. (2021). Global ethanol production by country or region. <https://afdc.energy.gov/data/10331/>
- Vargas, Z.R. (2009). La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33(1), 155-165.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>
- Vásquez Sánchez, E. y Ortiz Basauri, G. (2022). *Estadística inferencial en la lógica de la investigación científica*. Editorial universitaria.  
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10542>

Vizcaíno, P.I., Cedeño, R.J. y Maldonado, I.A. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723-9762. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i4.7658](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658)

Zhao, Y., Shakeel, U., Saif Ur Rehman, M., Li, H., Xu, X. y Xu, J., (2020). Lignin-carbohydrate complexes (LCCs) and its role in biorefinery. *Cleaner Production*, 253, 120076. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120076>

## CAPITULO VI. ANEXOS

### ANEXO 1

**Figura 8. Matriz de consistencia**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable 1	<b>1. Tipo de investigación</b> Aplicada <b>2. Enfoque de investigación</b> Cuantitativo <b>3. Diseño de investigación</b> Experimental de tipo Factorial 3X2 <b>4. Nivel de investigación</b> Explicativo <b>5. Población:</b> 1 kg de cáscara de plátano de seda, de isla y bellaco que fue recolectada del MAYORISTA en los puestos de frutas, ubicado en el distrito de Trujillo. <b>6. Muestra:</b> 70 gr de cáscara de plátano de seda, 70 gr de cáscara de plátano de isla y 70 gr de cáscara de plátano bellaco. <b>7. Técnica</b> Observación Experimental <b>8. Instrumento</b> Ficha de registro
¿Cuál es la influencia de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en la producción de bioetanol a partir de residuos de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> ?	Evaluar la influencia de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en la producción de bioetanol a partir de residuos de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> <b>Objetivos Específicos</b>	H1: La influencia de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en la producción de bioetanol a partir de residuos de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> es significativa.  H0: La influencia de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en la producción de bioetanol a partir de residuos de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> no es significativa.	Vd: - Bioetanol	
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivo específico 1</b>		<b>Variable 2</b>	
<b>Problemas específica 1</b> - ¿existe interacción significativa entre la cantidad de <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> y los residuos de tres variedades de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> sobre el °Brix final?  <b>Problemas específica 2</b> - ¿existe interacción significativa entre la cantidad de <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> y los residuos de tres variedades de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> sobre el pH final?	- Determinar si existe interacción significativa entre la cantidad de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> y los residuos de tres variedades de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> sobre el °Brix final. <b>Objetivo específico 2</b> - Determinar si existe interacción significativa entre la cantidad de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> y los residuos de tres variedades de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> sobre el pH final.	Vi: - <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> - Cáscara de plátano		

## ANEXO 2

**Figura 9. Tabla operacional**

<b>TITULO: “ Influencia de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en la producción de bioetanol a partir de residuos de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> ”</b>					
<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b>  Cáscara de plátano	La cáscara de plátano, una biomasa lignocelulósica, posee composiciones que favorecen la hidrólisis y fermentación debido a que son ricas en contenido de celulosa y bajas en contenido de lignina (Muhamad, et al., 2019)	La cáscara de plátano tiene celulosa y hemicelulosa. Para obtener los azúcares presentes, se deben romper las fibras con cocción, secado o hidrólisis. Luego, estos azúcares se pueden usar para hacer biocombustibles.	Tipo	Especie	Nominal
Saccharomyces Cerevisiae	Es el más utilizado a escala industrial debido a sus características versátiles, como alta tolerancia al etanol, capacidad para soportar valores de pH bajos, capacidad para fermentar en condiciones anaeróbicas, tolerancia a altas presiones osmóticas y menos propenso a infecciones por bacteriófagos (Lugani, et al., 2020)	La cantidad de <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> es esencial en la producción de etanol a partir de la cáscara de plátano, ya que esta levadura es responsable de la fermentación de los azúcares. Controlar y ajustar su concentración es fundamental para lograr una fermentación eficiente y una producción óptima de etanol.	Cantidad	g de levadura	Ordinal
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>  Bioetanol	El etanol se puede producir a partir de diferentes materias primas, incluidos materiales a base de azúcar, a base de almidón y lignocelulósicos (Balat, 2011)	El bioetanol producido a partir de la cáscara de plátano es un líquido biocombustible y renovable que se obtiene a través de procesos de fermentación y destilación de los azúcares presentes en la cáscara.	Concentración de bioetanol	g/L	Razón

### ANEXO 3

**Tabla 14.** *Valores de absorbancia y concentración de etanol*

Nº	Variedad de <i>musa paradisiaca</i>	Absorbancia	m (Pendiente)	b (corte eje Y)	Concentración de etanol (mg/ml)
1	Seda 1A	1,661	0,0002605	0,7183	3,619
2	Isla 1A	2,42	0,0002605	0,7183	6,532
3	Bellaco 1A	1,626	0,0002605	0,7183	3,484
4	Seda 2A	2,323	0,0002605	0,7183	6,160
5	Isla 2A	2,62	0,0002605	0,7183	7,300
6	Bellaco 2A	2,561	0,0002605	0,7183	7,074
7	Seda 1B	2,418	0,0002605	0,7183	6,525
8	Isla1B	1,796	0,0002605	0,7183	4,137
9	Bellaco1B	2,053	0,0002605	0,7183	5,124
10	Seda 2B	2,63	0,0002605	0,7183	7,339
11	Isla 2B	2,353	0,0002605	0,7183	6,275
12	Bellaco 2B	2,716	0,0002605	0,7183	7,669
13	Seda1C	2,485	0,0002605	0,7183	6,782
14	Isla 1C	1,721	0,0002605	0,7183	3,849
15	Bellaco 1C	1,829	0,0002605	0,7183	4,264
16	Seda 2C	1,799	0,0002605	0,7183	4,149
17	Isla 2C	2,201	0,0002605	0,7183	5,692
18	Bellaco 2C	2,23	0,0002605	0,7183	5,803

*Nota.* En la tabla , se contempla la concentración de etanol obtenida producto del despeje de la fórmula que fue proporcionada por el espectrofotómetro UV -Vis. . Los experimentos del 7 al 12 es la segunda réplica y del 13 al 18 es la tercera replica. Fuente. Propia

## ANEXO 4

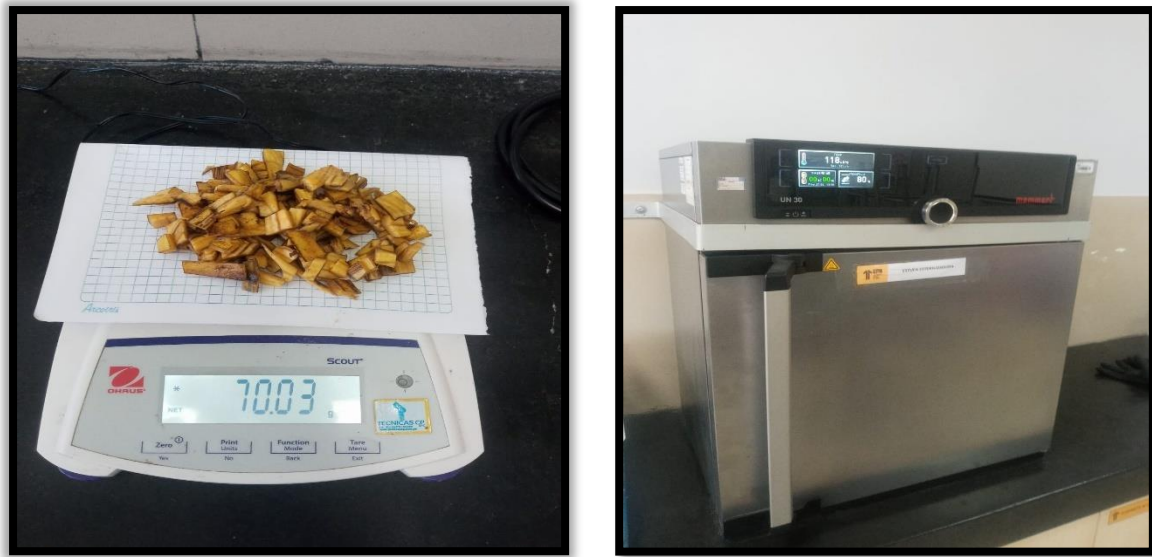
**Tabla 15.** *Grados Brix y pH al inicio y al final del proceso de fermentación*

N°	Variedad de <i>musa paradisiaca</i>	Grado Brix inicial	Grado Brix final	pH Inicial	pH final
1	Seda 1A	7,33	3,75	5,57	3,885
2	Isla 1A	8,16	2,75	5,16	4,496
3	Bellaco 1A	7,67	3,75	5,13	3,740
4	Seda 2A	7,33	1,5	5,83	4,576
5	Isla 2A	10,33	1,75	5,54	3,520
6	Bellaco 2A	8,16	3,25	5,54	3,359
7	Seda 1B	8,05	2,25	5,91	5,359
8	Isla1B	8,33	3,5	6,18	3,999
9	Bellaco1B	7,73	2,75	5,35	4,717
10	Seda 2B	7,76	1,75	6,1	4,489
11	Isla 2B	7,17	1,75	6,33	2,853
12	Bellaco 2B	9,33	1,5	6,04	4,135
13	Seda1C	7,74	3,25	6,07	4,534
14	Isla 1C	8,64	2,63	5,59	4,562
15	Bellaco 1C	7,54	2,85	5,8	4,900
16	Seda 2C	7,68	1,75	5,79	4,012
17	Isla 2C	8,37	1,85	5,76	3,839
18	Bellaco 2C	9,27	2,5	6,11	3,156

*Fuente.* En esta tabla se muestran los valores de grados Brix y pH de la solución al inicio y al final del proceso de fermentación para cada una de las muestras analizadas. Los experimentos del 7 al 12 es la segunda réplica y del 13 al 18 es la tercera replica. Fuente. Propia.

**ANEXO 5**

**Figura 10.** *Pretratamiento mecánico y esterilización de las muestras de cáscaras de plátano*



**Figura 11.** *Hidrólisis alcalina e hidrólisis ácida*

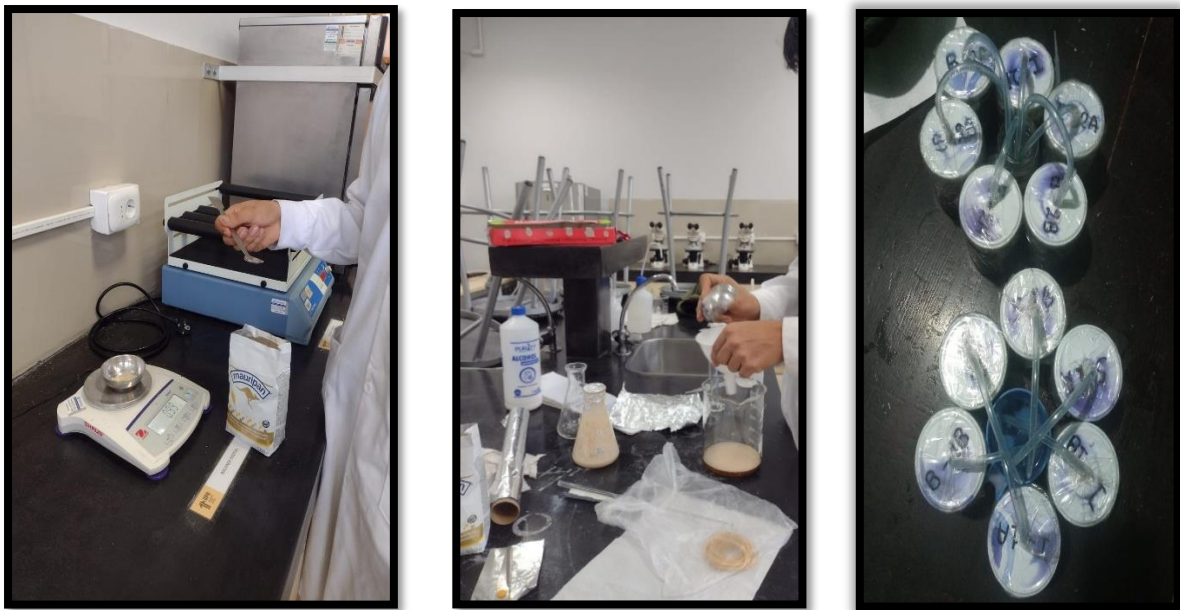


**ANEXO 6**

**Figura 12.** Medición de °Brix y pH con el refractómetro al inicio y final de la fermentación

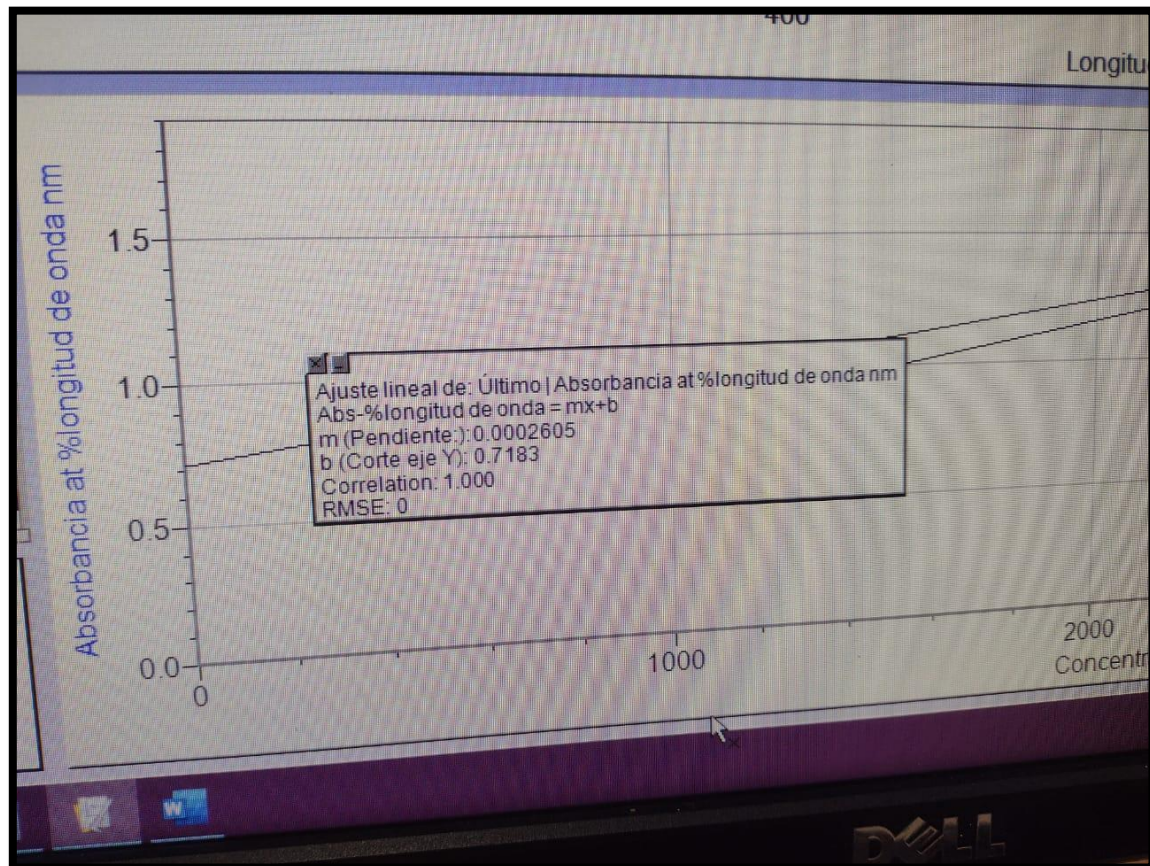


**Figura 13.** Activación de la levadura y preparación de las muestras para el proceso de fermentación.



**ANEXO 7**

**Figura 14.** Determinación de la absorbancia en el espectrómetro UV – Visible,



**ANEXO 8**

**Figura 15. Matriz para evaluación de expertos**



**MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS**


<b>Título de la investigación:</b>	BIOETANOL A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARA-OISIACA MEDIANTE FERMENTACIÓN POR LEVADURA DE ALTO RENDIMIENTO, Trujillo - 2023
<b>Línea de investigación:</b>	Tecnologías Emergentes
<b>Apellidos y nombres del experto:</b>	CRIBILLEROS RIOS DANIEL ALFREDO
<b>El instrumento de medición pertenece a la variable:</b>	Independiente

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.

Items	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		

**Sugerencias:**

**Firma del experto:**



Daniel Alfredo Cribilleros Ríos  
ING. AMBIENTAL  
R. C.I.P. N° 220573

Figura 16. Matriz para evaluación de expertos

**MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS**

Título de la investigación:	Bioetanol a partir de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> mediante fermentación por levadura de alto rendimiento, Trujillo - 2023
Línea de investigación:	Tecnologías Emergentes
Apellidos y nombres del experto:	QUIROZ MORENO CARLOS EDUARDO
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Independiente

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una 'x' en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.

Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	✓		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		

Sugerencias:

Firma del experto:

Dr. Blgo. Carlos Eduardo Quiroz Moreno  
C.B.P. N° 1495

Figura 17. Matriz para evaluación de expertos

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:	Bioetanol a partir de cáscara de <i>musa paradisiaca</i> mediante fermentación por levadura de alto rendimiento, Trujillo - 2023			
Línea de investigación:	Tecnologías emergentes			
Apellidos y nombres del experto:	Díaz Pérez Lesly Aracely			
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Independiente			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SI o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.				
Items	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
Sugerencias:				
Firma del experto:				
 LESLY ARACELY DIAZ PEREZ INGENIERO INDUSTRIAL C.I.P. N° 257051				

Figura 18. Ficha de registro de datos

	Variedad de Plátano	pH Inicial	pH Final	°Brix Inicial	°Brix final	Absorbancia	m (Pendiente)	b (corte eje Y)	Concentración de etanol (mg/ml)
PRIMER EXPERIMENTO	Seda 1A	5,57	3,885	7,33	3,75	1,661	0,0002605	0,7183	3,619
	Isla 1A	5,16	4,496	8,16	2,75	2,42	0,0002605	0,7183	6,532
	Bellaco 1A	5,13	3,740	7,67	3,75	1,626	0,0002605	0,7183	3,484
	Seda 2A	5,83	4,576	7,33	1,5	2,323	0,0002605	0,7183	6,160
	Isla 2A	5,54	3,520	10,33	1,75	2,62	0,0002605	0,7183	7,300
	Bellaco 2A	5,54	3,359	8,16	3,25	2,561	0,0002605	0,7183	7,074
SEGUNDO EXPERIMENTO	Seda 1B	5,91	5,359	8,05	2,25	2,418	0,0002605	0,7183	6,525
	Isla 1B	6,18	3,999	8,33	3,5	1,796	0,0002605	0,7183	4,137
	Bellaco 1B	5,35	4,717	7,73	2,75	2,053	0,0002605	0,7183	5,124
	Seda 2B	6,1	4,489	7,76	1,75	2,63	0,0002605	0,7183	7,339
	Isla 2B	6,33	2,853	7,17	1,75	2,353	0,0002605	0,7183	6,275
	Bellaco 2B	6,04	4,135	9,33	1,5	2,716	0,0002605	0,7183	7,669
TERCER EXPERIMENTO	Seda 1C	6,07	4,534	7,74	3,25	2,485	0,0002605	0,7183	6,782
	Isla 1C	5,59	4,562	8,64	2,63	1,721	0,0002605	0,7183	3,849
	Bellaco 1C	5,8	4,900	7,54	2,35	1,829	0,0002605	0,7183	4,264
	Seda 2C	5,79	4,012	7,68	1,75	1,799	0,0002605	0,7183	4,149
	Isla 2C	5,76	3,839	8,37	1,85	2,201	0,0002605	0,7183	5,692
	Bellaco 2C	6,11	3,156	9,27	2,15	2,23	0,0002605	0,7183	5,803

Fuente: Modificado de Haro y Ramírez (2021)