



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

TEMA:

**Producción de biocombustible a partir de la cáscara de
dos variedades de plátano, obtenidas de la industria
chiflera de El Carmen, Manabí**

AUTOR:

Abril Burgos Renan Eduardo

**Trabajo de integración curricular previo a la obtención del
título de INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

TUTOR

Ing. Meléndez Rangel Jesús Ramón, Ph.D.

Guayaquil, Ecuador

11 de septiembre del 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente **Trabajo de Integración Curricular**, fue realizado en su totalidad por **Abril Burgos Renan Eduardo**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Agroindustrial**.

TUTOR

Ing. Jesús Ramón Meléndez Rangel, Ph. D.

DIRECTORA DE LA CARRERA

Ing. Paola Pincay Figueroa, M.Sc.

Guayaquil, 11 de septiembre del 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Renan Eduardo Abril Burgos

DECLARO QUE:

El Trabajo de Integración Curricular, Producción de biocombustible a partir de la cáscara de dos variedades de plátano, obtenidas de la industria chiflera de El Carmen, Manabí, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 11 de septiembre del 2023

EL AUTOR

Abril Burgos Renan Eduardo



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Abril Burgos Renan Eduardo**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución el Trabajo de Integración Curricular **Producción de biocombustible a partir de la cáscara de dos variedades de plátano, obtenidas de la industria chiflera de El Carmen, Manabí** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 11 de septiembre del año 2023

EL AUTOR:

Abril Burgos Renan Eduardo



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

CERTIFICADO COMPILATIO

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Trabajo de Integración Curricular, **Producción de biocombustible a partir de la cáscara de dos variedades de plátano, obtenidas de la industria chiflera de El Carmen, Manabí**, presentado por el estudiante Abril Burgos Renan Eduardo de la carrera de **Agroindustria**, donde obtuvo del programa COMPILATIO, el valor de 0 % de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS magister	ABRIL BURGOS RENAN EDUARDO.		0% Similitudes	< 1% Texto entre comillas 0% similitudes entre comillas < 1% Idioma no reconocido
Nombre del documento: ABRIL BURGOS RENAN EDUARDO...docx ID del documento: ebe9cd18b96bf15f5696218dd621d7bc7c39a Tamaño del documento original: 990,3 kB	Depositante: Jesús Ramón Meléndez Rangel Fecha de depósito: 1/9/2023 Tipo de carga: Interface fecha de fin de análisis: 1/9/2023	Número de palabras: 9627 Número de caracteres: 61.752		

Ing. Jesús Ramón Meléndez Rangel, Ph.D

Revisor - COMPILATIO

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios por ser mi guía en todo momento y nunca soltarme.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi tutor Dr. Jesús Ramón Meléndez Rangel, quien no solo ha sido mi guía en este viaje académico, sino también una fuente inagotable de conocimientos. Su apoyo y sabias palabras han sido esenciales para la culminación de este trabajo.

También deseo agradecer a la Ing. Bella Crespo Moncada por sus valiosas observaciones, consejos y por estar siempre dispuesta a ayudarme.

No puedo dejar de mencionar a mi familia quienes, con su amor, comprensión y aliento constante, me han impulsado a seguir adelante, incluso en los momentos más desafiantes, en especial a mis padres los cuales han sido pilares importantes en esta etapa.

A mis amigos gracias por ser mi refugio, por las risas compartidas y por creer en mí incluso cuando yo mismo dudaba.

Y, por último, pero no menos importante, a todos aquellos que de una u otra manera han formado parte de esta travesía: compañeros, docentes, y personal administrativo, gracias por ser pieza fundamental en esta etapa de mi vida.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a todas las personas que me apoyaron en cada momento de esta linda etapa en especial a mis padres Alfredo Renan Abril Macias y Belky Jesenia Burgos Vélez, a mis hermanos y demás familiares.

Y especialmente a mi abuela Bienvenida Vélez quien desde el cielo guía mi camino y está conmigo en todo momento.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE
GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

**CARRERA DE AGROINDUSTRIA
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Ing. Jesús Ramón Meléndez Rangel, Ph. D.

TUTOR

Ing. Paola Pincay Figueroa, M. Sc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

Ing. Noelia Caicedo Coello, M. Sc.

COORDINADORA DE UTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE
GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

CALIFICACIÓN

Ing. Jesús Ramón Meléndez Rangel, Ph. D.

TUTOR

ÍNDICE GENERAL

1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
1.2 Hipótesis.....	4
2 MARCO TEÓRICO	4
2.1 El plátano	4
2.1.1 Origen del plátano.	4
2.1.2 Taxonomía del plátano.	4
2.1.3 Variedades del plátano en Ecuador.	5
2.1.4 Beneficios del consumo del plátano.....	5
2.2 <i>Musa x paradisiaca</i>	6
2.3 Aprovechamiento de los residuos del plátano en la agroindustria	7
2.4 Hidrólisis con ácido diluido	9
2.5 Fermentación.....	9
2.5.1 Factores que influyen en la fermentación.....	10
2.6 Destilación.....	11
2.7 Biocombustibles	11
2.7.1 Desarrollo biotecnológico en biocombustibles de 2G.....	12
2.7.2 Gestión industrial para la producción de bioetanol 1G Y 2G	13
3 MARCO METODOLÓGICO.....	17
3.1 Ubicación	17
3.2 Características climatológicas	17
3.3. Modalidad de la investigación.....	17
3.4 Diseño experimental descriptivo.....	18
3.5 Investigación cuantitativa	18
3.6 Materiales utilizados	18
3.6.1 Materia Prima.	18

3.6.2 Reactivos.....	19
3.6.3 Materiales y equipos.	19
3.7 Diseño experimental.....	20
3.8 Proceso productivo del bioetanol.....	20
3.8.1 Factores.....	21
3.8.2 Tratamientos.....	21
3.8.3 Interacciones de tratamientos.	22
3.8.4 Cálculo de rendimiento.	22
3.8.5 Análisis Estadístico.	22
3.9 Caracterización de materia prima.....	23
3.9.1 Determinación de pH.	23
3.9.2 Determinación de grados brix.	23
3.9.3 Determinación de densidad.	23
3.9.4 Determinación de acidez.	23
3.10 Caracterización del biocombustible	23
3.10.1 Determinación de pH de biocombustible obtenido	24
3.10.2 Determinación de grados brix de biocombustible obtenido	24
3.10.3 Determinación de alcohol (v/v) de biocombustible obtenido.....	24
3.11 Análisis físico y químico	24
3.12 Costos de producción.....	24
3.13 Criterios para supuesto de normalidad de datos	25
3.13.1 Criterio 1.	25
3.13.2 Criterio 2.	26
3.13.3 Criterio 3.	26
3.13.4 Criterios de pruebas de muestras independientes T Student.	27
3.13.5 Criterio de prueba de normalidad	27
3.13.6 Pruebas de normalidad.	27
4 RESULTADOS	28
4.1 Eficiencia volumétrica.....	28
4.1.1 Análisis estadístico descriptivo de eficiencia volumétrica.	29
4.1.2 Prueba de normalidad con Variedad 1 y 2 con 2 % SC	29
4.1.3 Prueba de normalidad con Variedad 1 y 2 con 4 % SC	30

4.1.4 Evaluación de hipótesis por diferencias de medias.....	31
4.1.5 Evaluación de hipótesis por diferencias de medias.....	31
4.2 Eficiencia Alcohólica.....	32
4.2.1 Análisis estadístico descriptivo de eficiencia alcohólica	32
4.2.2 Prueba de normalidad con Variedad 1 y 2 con 4% SC.....	34
4.2.3 Evaluación de Hipótesis por diferencias de medias.	35
4.2.4 Prueba Mann-Whitney	35
4.2.5 Evaluación de hipótesis por diferencias de medias.....	36
4.2.6 Criterio para supuesto de normalidad de datos.....	36
4.2.7 Prueba de muestras independientes T Student.	36
4.3 Características físicas y químicas del bioetanol	37
4.3.1 pH del bioetanol.....	37
4.3.2 Valores de densidad del volumen de alcohol.	37
4.3.3 Grados brix en el bioetanol.	38
4.4 Análisis comparativo entre variedades de materia prima.....	38
4.4.1 Grados brix del bioetanol.	38
4.4.2 pH del bioetanol.....	39
4.4.3 Densidad del bioetanol.	40
5 DISCUSION.....	41
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
6.1 Conclusiones.....	43
6.2 Recomendaciones.....	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
ANEXOS..	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Antecedentes investigativos sobre musáceas. -----	8
Tabla 2. <i>Distribución volumétrica del bioetanol.</i> -----	15
Tabla 3. <i>Tratamientos del diseño experimental</i> -----	21
Tabla 4. <i>Interacciones de tratamientos</i> -----	22
Tabla 5. <i>Materia Prima Inicial</i> -----	24
Tabla 6. <i>Costos de producción.</i> -----	25
Tabla 7. <i>Promedio de eficiencia volumétrica</i> -----	28
Tabla 8. <i>Estadístico descriptivo eficiencia volumétrica.</i> -----	29
Tabla 9. <i>Prueba de normalidad Kolmogorov y Shapiro Wilk.</i> -----	30
Tabla 10. <i>Prueba de normalidad Kolmogorov y Shapiro Wilk</i> -----	31
Tabla 11. <i>Determinación de Medias</i> -----	31
Tabla 12. <i>Determinación de Medias.</i> -----	32
Tabla 13. <i>Eficiencia alcohólica</i> -----	32
Tabla 14. <i>Estadístico descriptivo</i> -----	33
Tabla 15. <i>Pruebas de Normalidad.</i> -----	33
Tabla 16. <i>Pruebas de Normalidad</i> -----	34
Tabla 17. <i>Determinación de Medias.</i> -----	35
Tabla 18. <i>Prueba Mann-Whitney</i> -----	35
Tabla 19. <i>Determinación de Medias en eficiencia alcohólica</i> -----	36
Tabla 20. <i>Valores de pH del volumen de alcohol.</i> -----	37
Tabla 21. <i>Valores de densidad del volumen de alcohol</i> -----	37
Tabla 22. <i>Grados brix en el bioetanol</i> -----	38
Tabla 23. <i>Grados Brix variedad 2 %</i> -----	39
Tabla 24. <i>Grados Brix variedad 4 %</i> -----	39
Tabla 25. <i>pH variedad 2 %</i> -----	39
Tabla 26. <i>pH variedad 4 %</i> -----	40
Tabla 27. <i>Densidad variedad 2 %</i> -----	40
Tabla 28. <i>Densidad variedad 4 %</i> -----	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la UCSG	17
Figura 2. Diagrama de flujo para la extracción de bioetanol	20

RESUMEN

El bioetanol de segunda generación (2G) es un tipo de biocombustible producido a partir de materiales lignocelulósicos. Estos materiales incluyen residuos agrícolas, forestales y ciertos cultivos energéticos no alimentarios. En la siguiente investigación se utilizaron dos tipos de cáscara de plátano las cuales fueron *Musa x paradisiaca* y *Musa AAB Simmonds* con diferentes concentraciones de levaduras con cuatro repeticiones en cuatro tratamientos arrojando un total de 16 repeticiones. Los análisis estadísticos de los datos se efectuaron mediante las pruebas paramétricas y no paramétricas, como la *t* de Student y la prueba de la *U* de Mann-Whitney aplicada a dos muestras independientes según el caso requerido para determinar si existen diferencias significativas en el producto resultante del bioetanol de 2G, considerando las diferentes concentraciones de levadura que se aplicaron. Los resultados de la eficiencia volumétrica se sitúan en un volumen de alcohol obtenido de (295 mL) con el tratamiento con *Saccharomyces cerevisiae* al 4% el cual fue estadísticamente superior sobre el promedio (248 mL) del tratamiento con *S. cerevisiae* al 2 %. Los valores representativos del grado de alcohol obtenido alcanzo 9° de alcohol con el tratamiento con *S. cerevisiae* al 2 % el cual fue estadísticamente superior sobre el promedio 4° de alcohol del tratamiento con *S. cerevisiae* al 4 %. Al ser un proyecto basado en un estudio emergente su costo beneficio es muy bajo, ya que elaborar este combustible es muy costoso hoy en día. Se concluye que las propuestas experimentales son determinantes para evaluar la eficiencia volumétrica y alcohólica del bioetanol según los resultados validados estadísticamente dentro del trabajo realizado.

Palabras clave: Bioetanol, *Saccharomyces cerevisiae*, material lignocelulósico, eficiencia alcohólica.

ABSTRACT

Second generation (2G) bioethanol is a type of biofuel produced from lignocellulosic materials. These materials include agricultural residues, forestry residues and certain non-food energy crops. In the following research, two types of banana peel were used, (*Musa x paradisiaca*) and (*Musa AAB Simmonds*), with different concentrations of yeast and four replicates in four treatments for a total of 16 replicates. The statistical analysis of the data was carried out using parametric and non-parametric tests, such as Student's t-test and the Mann-Whitney U test applied to two independent samples as required to determine if there are significant differences in the product resulting from the 2G bioethanol, considering the different yeast concentrations that were applied. The results of the volumetric efficiency are located in a volume of alcohol obtained (295 mL) with the 4% *Saccharomyces cerevisiae* treatment, which was statistically superior to the average (248 mL) of the 2% *S. cerevisiae* treatment. The representative values of the alcohol content obtained reached 9° of alcohol with the 2% *S. cerevisiae* treatment, which was statistically superior to the average of 4° of alcohol of the 4% *S. cerevisiae* treatment. Since this is a project based on an emerging study, its cost-benefit is very low, since the elaboration of this fuel and its use in the production of the fuel is very expensive.

Key words: Bioethanol, *Saccharomyces cerevisiae*, lignocellulosic material, alcoholic efficiency.

1 INTRODUCCIÓN

La gestión agroindustrial propone aprovechar los residuos de todo proceso de productos con valor agregado para así tener un rendimiento del 100 % de nuestra materia prima, el biocombustible es una alternativa la cual puede remediar la necesidad de energía las cuales están condicionadas al aumento acelerado de la población mundial e industrial y el crecimiento de las industrias a nivel mundial. El cultivo del plátano en el territorio ecuatoriano se concentra básicamente en el triángulo platanero de la República del Ecuador conformado por las provincias de Manabí, Santo Domingo y Los Ríos, se producen 52.612 ha, 14.249 ha y 13.376 ha respectivamente (PROECUADOR, 2015).

Por otro lado, la industria alimentaria anualmente arroja miles de toneladas de desechos de materia con contenido de lignocelulosa y el objetivo es aprovechar todo ese residuo y así focalizar al máximo todo en la cadena de producción de la industria del alimento. “Ecuador tiene importantes productos agrícolas, como el plátano verde macho en sus distintas variedades: Dominico, Maqueño y Barraganete, este se exporta y otra parte se procesa en chifles (finas rebanadas de plátano fritas); permitiendo procesos de innovación en su cadena productiva”(Chávez et al., 2020, p. 35).

Un gran ejemplo es la cáscara del plátano, ya que su residuo en la mayoría de los casos es desperdiciado y esto induce a la siguiente problemática la cual es el rendimiento y los costos de producir etanol a base de desechos de materia prima, por la baja demanda que tiene al día de hoy, existen proyecciones las cuales apuntan a que en el 2026 por crecimiento poblacional y de la mano el crecimiento industrial el uso del combustible aumentará considerablemente y esa demanda es la que se busca cubrir.

Tratar de remplazar los combustibles que se conocen por biocombustibles de primera generación es una opción muy precipitada y no muy rentable para el agro ya que se estaría utilizando gran mayoría de la materia prima de consumo humano en la producción del mismo, como lo es el caso del plátano, entonces existiría una sobreoferta de la misma, por eso esta alternativa está más enfocada en los métodos de 2G ya que se utilizaría solamente residuos o productos agroindustriales ya existentes y así se obtendría una alternativa con sentido de responsabilidad social, sin afectar al agro y tratar de cubrir el vacío que podría llegar a existir por el uso indebido de los combustibles fósiles.

Por lo expuesto, los objetivos planteados son:

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general.

Desarrollar biocombustible a partir de la cáscara de plátano (*Musa x paradisiaca*) y (*Musa AAB Simmonds*) obtenida en una industria chiflera de El Carmen, Manabí.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Caracterizar física y químicamente la cáscara de plátano (*Musa x paradisiaca*) y (*Musa AAB Simmonds*).
- Establecer el método de extracción ácido para la obtención de biocombustible a partir de la cáscara de plátano (*Musa x paradisiaca*) y (*Musa AAB Simmonds*).
- Comparar el rendimiento volumétrico y alcohólico del bioetanol producido a partir de la cáscara de plátano (*Musa x paradisiaca*) y (*Musa AAB Simmonds*).
- Caracterizar física y químicamente el bioetanol obtenido por el método de extracción químico.
- Establecer costos de producción de los tratamientos.

1.2 Hipótesis

Ho: El uso de cáscara de plátano (*Musa x paradisiaca*) y (*Musa AAB Simmonds*) no será factible para la producción de biocombustible eficiente en términos de rendimiento energético, disponibilidad e impacto ambiental.

H1: El uso de cáscara de plátano (*Musa x paradisiaca*) y (*Musa AAB Simmonds*) será factible para la producción de biocombustible eficiente en términos de rendimiento energético, disponibilidad e impacto ambiental.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 El plátano

El banano o banana es una fruta que se basa en una planta herbácea que tiene un gran tamaño donde no se evidencia un tronco, sino que se evidencia un tallo muy grande y frondoso y que logra medir hasta más de 6 metros de altura, es una de las frutas más consumidas a nivel mundial (Alvarado et al., 2021).

2.1.1 Origen del plátano.

El banano tiene sus raíces en el sur de Asia, específicamente en regiones como Malasia y otras zonas de Indonesia. En el siglo XVI, esta fruta fue introducida en América, coincidiendo con la llegada de europeos al continente. Actualmente, se cultivan bananos en diversos países, y aunque existen varias variedades derivadas de su cultivo original, la más popular y ampliamente comercializada es la Cavendish, esta variedad es predominantemente producida para la exportación y representa una parte significativa del consumo en mercados globales (Gonzabay, 2018).

2.1.2 Taxonomía del plátano.

El plátano presenta la siguiente clasificación taxonómica, de acuerdo con Torres (2012):

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Orden: Zingiberales

Familia: Musaceae

Género: *Musa*

Especie: *M. paradisiaca*

2.1.3 Variedades del plátano en Ecuador.

En el Ecuador se han localizado diferentes tipos de bananas donde se evidencian con mayor frecuencia el Banano Rojo, Orito, Cavendish siendo esta ultima la más utilizada para la exportación, se ha registrado en el país que existen más de 200 000 hectáreas de banano, la gran parte de estos sembríos o plantaciones se encuentran certificadas y tecnificadas por especialistas internacionales que evalúan la calidad de la fruta para las exportaciones (García et al., 2021).

2.1.4 Beneficios del consumo del plátano.

Dentro de una dieta equilibrada, consumir plátanos verdes es bueno para la salud. No solo por ser un alimento de origen vegetal, fuente de carbohidratos y diversos nutrientes, sino por su contenido de potasio, el potasio es un mineral que ayuda a la salud del corazón y el resto del tema cardiovascular. Además, ayuda a regular la presión arterial, mantener un ritmo cardiaco normal (Zuñiga, 2016).

Comer frutas puede proporcionar al cuerpo cantidades variables de complejo B y vitaminas A, E y C. Las vitaminas tienen funciones esenciales para el cuerpo humano, como la vitamina A, que ayuda a mantener los tejidos sanos, mejora la capacidad de combatir infecciones y mejora significativamente la resistencia del cuerpo ayuda a la visión; las frutas amarillas como el banano son ricas en esta vitamina (Acosta et al., 2018).

La ingestión de banano ayuda a neutralizar, disolver y eliminar los ácidos residuales del organismo, como el ácido úrico, fosfórico y el sulfúrico, que pueden provocar las llamadas artritis y reumatismo, gota, ciática, úlceras, arenilla y piedras en el riñón, entre otros (Rivera et al., 2019).

“Así como el potasio es una sustancia importante para el corazón, también es importante para el sistema muscular porque participa en diversas reacciones químicas” (Zuñiga, 2016, p.1).

- Contracción muscular.
- Síntesis de los músculos.
- Permeabilidad e las membranas.

Cuando el organismo no dispone de suficiente potasio, puede experimentar debilidad muscular, trastornos neuromusculares, hipotensión, taquicardias y otros problemas de salud (Zuñiga, 2016).

2.2 Musa x paradisiaca

El plátano (*Musa x paradisiaca*.) es una de las frutas más importantes en países desarrollados de Asia, Latinoamérica y África. En Colombia, este cultivo representa uno de los principales renglones agropecuarios con un área sembrada de 378 884 ha y una producción de 3 072 974 ton, la cáscara representa del 35 % al 40 % del fruto, generando residuos que se podrían aprovechar para la fabricación de diferentes productos de valor agregado entre los que se encuentra la extracción de almidón para su aplicabilidad en la industria alimentaria (Melo-Sabogal et al., 2015).

El banano forma parte de los tres productos con mayor volumen de exportación, los tributos generados han registrado saldos positivos en la balanza comercial, más del 30% de la oferta mundial del banano proviene de Ecuador, país destacado como el principal exportador en el mundo desde el comienzo de los intercambios comerciales. A pesar de haber experimentado situaciones de caída en la producción por fenómenos naturales, el banano sigue teniendo características singulares y altos estándares de calidad, manteniéndose en varios países como una de las frutas de gran consumo y dieta diaria (El Productor, 2017).

2.3 Aprovechamiento de los residuos del plátano en la agroindustria

Las industrias forestal, agrícola, agroindustrial y alimentaria generan grandes volúmenes de biomasa residual que son abandonados como desechos en el campo y causan contaminación y deterioro ambiental (Maina et al., 2017 ; Wertz et al., 2017 ; Saini et al., 2019).

Los residuos de la agroindustria del plátano pueden definirse como biomasa residual compuesta por materiales de la actividad agrícola y residuos urbanos (Chen, 2014). Esta biomasa está compuesta mayoritariamente por carbohidratos como celulosa, hemicelulosa y almidón que pueden recuperarse mediante procesos físicos, termoquímicos, químicos y biológicos en diferentes productos de valor agregado como alimentos, biocombustibles y energía, entre otros (IEA Bioenergy, 2009).

Se necesita examinar procesos novedosos o perfeccionar los ya existentes en cuanto a la recuperación de biomasa residual, considerando el marco de las biorrefinerías. Estas biorrefinerías son instalaciones que utilizan de forma sostenible la biomasa con el objetivo de producir varios productos aptos para el mercado (Gómez et al., 2019).

El estudio de los procesos físicos, termoquímicos, químicos y biológicos desde su conceptualización puede facilitar las decisiones de investigación e inversión del ámbito académico y empresarial en nuevas áreas y tecnologías orientadas a la utilización de desechos provenientes de la agroindustria del plátano (Gómez-Soto et al., 2021).

Por otro lado, en el Ecuador los residuos forestales y agrícolas disponibles, según Posso et al. (2020) son aproximadamente 216 157 t/año de residuos forestales que no son aprovechados y 17 603 374 t/año de residuos agrícolas. El 61% de los residuos forestales se concentran en solo tres provincias: Cotopaxi, Imbabura y Los Ríos. El 72% de los residuos agrícolas también se concentra en tres provincias: Guayas, Los Ríos y Esmeraldas., por lo tanto, solo la provincia de Los Ríos tiene el 25 % de los desechos agrícolas y el 21 % de los residuos forestales en Ecuador, lo que

presenta un gran potencial para establecer instalaciones de biorrefinación 2G y promover la bioeconomía circular.

Diversos estudios previos sobre los desechos de las musáceas se presentan en la Tabla 1. Estos estudios evidencian el posible aprovechamiento de dichos residuos en biorrefinerías (Gómez et al., 2019).

Entre 2012 y 2017, se produjo un promedio anual de alrededor de 1.882 millones de toneladas de RSU (responsabilidad social universitaria) en todo el mundo, según Infobae (2017). De esta cantidad, el 46% correspondía a desechos orgánicos. Se logro una estimación que para 2025, la producción de RSU alcanzará aproximadamente 2.2 mil millones de toneladas por año (D. Hoornweg, 2012).

Tabla 1. Antecedentes investigativos sobre musáceas.

Residuo utilizado	Producto	Observaciones
Cáscara	Almidón	Extracción de almidón del 29 % (5.7 g/150 g materia seca)
Cáscara	Pectina	Cantidad de pectina extraída del 14.6 % del residuo
Cáscara	Etanol Biogás	Producción de 0.289 L alcohol/kg materia seca. 357 mL CH ₄ /g materia seca
Cáscara	β-amilasa (A. niger)	Actividad enzimática β-amilasa de 33.2
Cáscara	Biogás	Producción de 208 a 303 mL CH ₄ /g material seca
Cáscara	Carbón activado	Producción del 46.5 % y con un poder calorífico de 19.8 MJ/kg
Cáscara	Carbón activado	Absorción de iones de metales pesados en un 98.56 %
Pseudotallo	Etanol	Producción del 21.7 % de alcohol (p/v)

Elaborado por: El Autor

Fuente: Gómez et al., 2019

2.4 Hidrólisis con ácido diluido

Proceso químico que utiliza sustancias ácidas para romper las cadenas de polisacáridos que constituyen la biomasa (hemicelulosa y celulosa), y transformarlas en sus monómeros elementales, entre las diferentes clases de ácidos que se utilizan en este tipo de hidrólisis se encuentran el sulfuroso, clorhídrico, sulfúrico, fosfórico, nítrico y fórmico, la condición que se debe destacar al momento de trabajar con ácidos diluidos (1-5 %) es el uso de temperaturas altas (160-240 °C) (Viñals et al., 2012).

En el tratamiento químico la reacción principal que se lleva a cabo es la hidrólisis de la hemicelulosa que produce xilano en forma de glucomanano., Al ser expuestas a reacciones hidrolíticas la hemicelulosa produce monómeros, como el hidroximetil furfural (HMF), furfural y otros productos, en ambientes ácidos la lignina precipita y se condensa rápidamente durante el tratamiento (Viñals et al., 2012).

2.5 Fermentación

El piruvato producido durante la glicosilación en la ruta de Embden-MeyerhofParnas (EMP) se convierte en acetaldehído y etanol. A continuación, se muestra la reacción global: (Ward, 2013).



Teóricamente por 1 g de glucosa se produce 0.51 g etanol y 0.49 g CO₂., en la práctica alrededor del 10 % de la glucosa se convierte en biomasa y los productos finales (etanol y dióxido de carbono) alcanzan un rendimiento del 90 % del valor teórico (Ward, 2013).

El microorganismo generalmente utilizado en la elaboración de etanol es la levadura, a pesar de necesitar ambientes anaeróbicos en las fermentaciones alcohólicas, los medios de cultivo requieren algo de oxígeno para sintetizar varios compuestos que se encuentran presentes en la membrana; como los esteroides y los ácidos grasos insaturados (Ward, 2013).

El nombre *Saccharomyces cerevisiae* proviene de la palabra *Saccharo* (azúcar), *myces* (hongo) y *cerevisiae* (cerveza); esta levadura heterótrofa en condiciones anaeróbicas convierte las hexosas en etanol y el 96 % de fermentaciones alcohólicas se llevan a cabo en base a la *Saccharomyces cerevisiae* o especies relacionadas. Las cepas de *Saccharomyces cerevisiae* pueden producir concentraciones de etanol de hasta el 12-14 % (Suárez-Machín et al., 2016).

2.5.1 Factores que influyen en la fermentación.

De acuerdo con Suárez-Machín et al., (2016), los factores que influyen en la fermentación son:

Concentración de azúcares: la concentración excesiva o muy baja de carbohidratos en forma de monosacáridos y disacáridos disminuye la actividad de las levaduras.

pH: en la etapa de fermentación es recomendable ajustar el mosto a un rango óptimo de pH 3.5 a 5.5.

Temperatura: Si la temperatura es baja el proceso de fermentación será lento. La temperatura ideal para el proceso de fermentación es 30 °C. Si se supera una temperatura mayor a 55 °C por 5 minutos se produce muerte de los microorganismos.

Contacto con el aire: No debe existir contacto con el mismo, por lo que los recipientes deben ser herméticos, si existe una mínima cantidad de oxígeno en contacto con el mosto el proceso se detiene.

Alcohol: el etanol puede ejercer un efecto inhibitorio en el crecimiento y disminución de la viabilidad en la célula, a partir de un 8 % (v/v).

Desecación: factor principal que influyen negativamente en el crecimiento y actividad celular de los microorganismos.

Presión osmótica: el suministro de nutrientes para la levadura se lleva a cabo mediante un proceso osmótico, para impedir los fenómenos de plasmoptisis y plasmólisis es importante evitar medios hipertónicos o

hipotónicos. La velocidad de fermentación, la viabilidad celular y la disminución en el volumen celular son causadas por el estrés osmótico.

2.6 Destilación

Para la destilación se somete a la materia prima fermentada a una temperatura establecida en los rangos de 80 °C a 85 °C, provocando así la evaporación y posterior destilación del bioetanol (Hernández et al., 2014).

2.7 Biocombustibles

Existen dos condiciones que determinan el aumento de la disponibilidad de la energía cada día, y están condicionadas al aumento de la población y al crecimiento de los parques industriales (Mohapatra et al., 2019).

La propuesta científica se perfila hacia la producción de biocombustibles como el bioetanol a partir de materias primas renovables. El bioetanol, representa una de estas alternativas más interesantes como fuente de energía renovable y ecológica, que se puede producir a partir de biomasa (Kang et al., 2014; De Medeiros et al., 2020).

Países como China, consideran estratégico la producción de energías alternativas; según el trabajo presentado por Wu et al. (2021), este país asiático alcanza un 4 % de la producción mundial y su interés a producir biocombustibles celulósicos está en ascenso.

Según los datos aportados por Puricelli et al. (2021), el sector del transporte europeo fue responsable de más del 25 % de las emisiones totales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de la Unión Europea en el año 2017, de las cuales el 53 % de estas emisiones provino de los segmentos de turismo y vehículos comerciales ligeros; sin embargo, el consumo de biocombustibles para este sector automotor se ubicó en un 4 % para el mismo periodo del 2017.

Tomar las decisiones gerenciales adecuadas requiere de una gestión integral para lograr la eficiencia de la producción de energía. para alcanzarlo, el desarrollo industrial se está enfocando en fuentes alternativas de energía de forma planificada que limitarán el uso de petróleo, gas, carbón y madera (Peña y López, 2020; McGookin, Gallachóir y Byrne, 2021) y promover el uso de bioalternativas para reducir los graves problemas de contaminación generados por la industria de petroquímicas, químicas en general y el sector del transporte automotor (Moula et al., 2017).

Esta tendencia de consumo de energía afianza aún más el diseño de políticas gubernamentales que promuevan la producción, sin obstaculizar el consumo de alimentos y apoyen la adopción de biotecnologías eficientes de producción (Callegari et al., 2020).

2.7.1 Desarrollo biotecnológico en biocombustibles de 2G.

Otra situación importante comprende el uso de material de descarte o residuos agrícolas y depende de la disponibilidad de materias primas y de una infraestructura adecuada para la producción de bioetanol (Duarte et al., 2021).

Es dentro de este proceso alternativo que el desarrollo de la producción de bioetanol de 2G, ha alcanzado avances importantes, el proceso de conversión bioquímico comprende una ruta aún no estandarizada y debe adaptarse a la naturaleza de la materia prima para la producción de bioetanol 2G, generalmente se describe una secuencia formada por el pretratamiento, la fermentación, el proceso de hidrólisis y la separación (Sharma, Larroche y Dussap, 2020).

El estudio de Pinto et al. (2021), ha demostrado otras barreras presentes en las biorrefinerías, conformadas por la lignina soluble e insoluble, la cual puede perjudicar el proceso de hidrólisis enzimática por inhibición, desactivación y adsorción improductiva de las enzimas, las estrategias para aumentar el rendimiento se han focalizado en la combinación del lavado y la adición de proteína de soja, la cual proporcionó los mayores rendimientos de

glucosa, con un incremento de hasta el 50 %, el lavado de la biomasa pretratada o el uso de aditivos que bloquean la lignina durante la sacarificación podrían mitigar estos efectos negativos en las biorrefinerías permitiendo obtener mejores rendimientos.

Sin embargo, otras investigaciones relevantes presentadas por Alherbawi et al. (2021), sobre el empleo de una segunda generación de biomasa no comestible como la *Jatropha curcas*, se ha convertido en una importante materia prima para biocombustibles por su aceite que pueden transformarse en combustibles líquidos, con alto valor calorífico aunque la producción de bioetanol 2G a partir de otros desechos agrícolas, como la paja de caña de azúcar y el bagazo, se caracteriza por la tendencia a maximizar el retorno de la inversión, desde un proceso industrial que requiere, un pretratamiento costoso y difícil para fraccionar y gestionar la biomasa (Branco et al., 2019), si se compara con la producción tradicional de biocombustibles 1G, los cuales conllevan la producción de bioetanol a partir de tratamientos con fermentación desde los jugos del material o biomasa.

2.7.2 Gestión industrial para la producción de bioetanol 1G Y 2G

Desde la perspectiva gerencial integral, el proceso de gestión para el desarrollo de biocombustibles y energía sustentable, se plantea el uso de materias primas celulósicas, aunque los costos de producción son elevados en comparación con el proceso de fabricación del etanol 1G; no obstante la decisión de gestionar biocombustibles 1G o 2G, dependerá de los posibles costos operativos de la cadena de producción cosecha y entrega de materias primas a las instalaciones industriales, desarrollo de maquinaria y participación de los agricultores interesados (Melendez et al., 2022).

Adicionalmente, la gestión deberá seleccionar métodos eficientes que generen altos rendimientos del bioetanol/materia prima utilizada, retorno de la inversión y el período de recuperación de la inversión, como indicadores económicos necesario en las plantas de producción (Mesa et al., 2020).

En la toma de decisiones y gestión, es crucial considerar el diseño óptimo de instalaciones o biorrefinerías para la producción de etanol de segunda generación. Este enfoque debe ser integral, abarcando aspectos técnico-económicos, consideraciones ambientales y la exploración de fuentes de energía alternativa que reduzcan el uso de insumos que podrían destinarse a la producción alimentaria, estos elementos se integran en el desarrollo de estrategias de negocio que se orientan hacia modelos híbridos de generación de valor empresarial (Villa, et al., 2021) y enfoques circulares. Estos últimos buscan establecer producciones más limpias mediante la incorporación de tecnologías sostenibles, aunque aún no se ha establecido un modelo estándar en este ámbito (De Pádua, et al., 2018).

En el ámbito internacional la gestión industrial en la producción de biocombustibles se perfila hacia el alcance de los objetivos organizacionales y procesos administrativos que generen crecimiento financiero, económico, y tecnológico de forma sustentable con el ambiente (Ormaza y Guerrero-Baena, 2021) a este sector industrial; para completar esta condición, la gerencia debe considerar prácticas que incentiven la participación de los empleados de manera eficiente en los proyectos industriales (Meléndez y El Salous, 2021).

Con base en las conclusiones de Ramos-Soto y colaboradores (2020), la gestión holística que se alinea con estándares de calidad como ISO 9001 y normativas ambientales como ISO 14000 en las entidades industriales, facilita la obtención de beneficios competitivos en el ámbito económico y social, como se refleja en sus hallazgos, estos elementos vinculados a la economía están profundamente relacionados con las consideraciones de riesgo en inversiones y los elevados costos operativos, implementados principalmente en el diseño de estructuras industriales y en la adopción de tecnologías vanguardistas; estas tecnologías abarcan procedimientos químicos a gran escala, que pueden incluir etapas como la sacarificación, fermentación y destilación, estas fases indican variaciones en tecnología y eficiencia al producir biocombustibles de primera y segunda generación.

En el contexto biotecnológico, la producción de biocombustibles también contempla otros métodos de fabricación, la opción de segunda generación (2G) es una de ellas. La producción desde las biorrefinerías contempla procesamientos a partir de tres elementos fundamentales constituidos por biomasa de lignocelulosa, hemicelulosa y la lignina, las cuales son la base para la fabricación de biocombustibles (Singh et al., 2022).

Tabla 2. *Distribución volumétrica del bioetanol.*

Producción Bioetanol	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Distribución en volumen a partir del maíz.	74.7**	74.5**	74.5**	74.3**	74.2**	74.0**	73.7**
Distribución en volumen a partir de caña de azúcar	31.9**	32.5**	33.3**	33.7**	34.3**	34.9**	35.5**
Promedio producción mundial**	130.7**	131.5**	132.8**	133.7**	134.7**	135.8**	136.7**

Nota. **Promedio Producción mundial en Mml (billones de litros).

Fuente: Tomado de Perspectives in the production of bioethanol: A review of sustainable methods, technologies, and bioprocesses. (p.160), por Meléndez, 2022, Renewable and Sustainable Energy Reviews

Elaborado por: El Autor

El estudio de Kumar et al. (2020), para el tratamiento de biomasa lignocelulósica con fines de producción de biocombustibles y otros derivados farmacéuticos, ha evidenciado la necesidad de implementar el desarrollo de técnicas ecológicas y rentables que pueden aplicarse mediante el enfoque de la economía circular, se debe reconocer la presencia de cambios y desarrollos innovadores que buscan aumentar el uso de cultivos no alimentarios o biomasa residual como materia prima; en este sentido, el estudio de Duque et al. (2021), determinó la existencia de nuevas fuentes de biomasa como la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales y ciertos residuos

industriales como los del papel, alimentos, y bebidas, estos avances en materia de procesamiento no tradicional representan el reto de la gestión industrial que debe integrar la adopción de nuevas tecnologías para el procesamiento en las organizaciones que deseen implementar la producción de biocombustibles.

Ante esta realidad, la gestión industrial ha demostrado una adaptación a los nuevos retos tecnológicos y se ha enfocado en evaluar los factores clave que inciden en las estrategias que conducen a la toma de decisiones, lo que permite seleccionar las mejores alternativas para producir energía a partir de biocombustibles, manteniendo el desarrollo sustentable en la protección ambiental (Sánchez y Zambrano, 2019; Meléndez et al., 2021).

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Química de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, coordenadas -2.182852588715617, -79.90305254642918

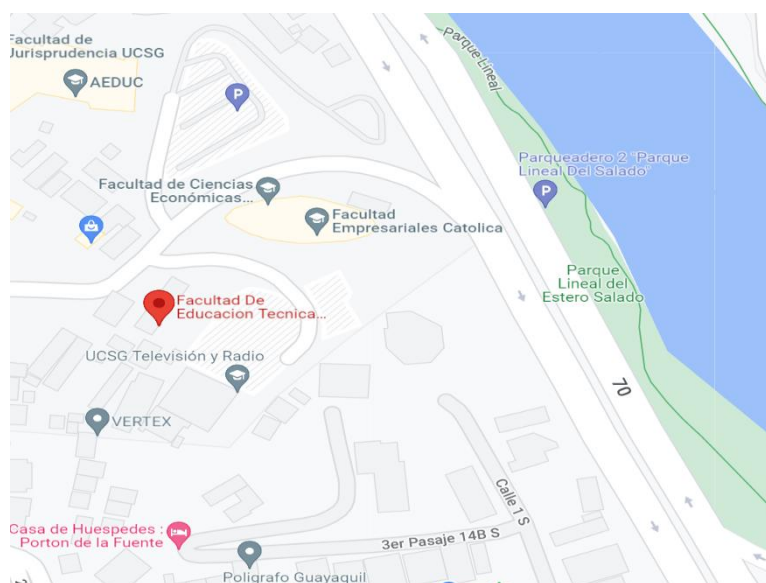


Figura 1. Ubicación de la UCSG

Fuente: Google Maps, 2022

3.2 Características climatológicas

Temperatura promedio de 26 °C

Humedad relativa del 69 %

Clima tropical

Fuente: Meteored ,2023

3.3. Modalidad de la investigación

El desarrollo de la metodología del presente trabajo se basará en un enfoque de investigación cuantitativa con un diseño experimental descriptivo,

correlacional y exploratorio, ya que se realizarán varias pruebas y procesos para la obtención de los resultados. Por otro lado, las pruebas del diseño se llevarán a cabo bajo la dirección del investigador con la finalidad de obtener datos concretos en base a lo planteado por el autor y así lograr el objetivo principal y obtener un resultado con mucha fiabilidad.

3.4 Diseño experimental descriptivo

De igual manera, Arias (2015), define a la investigación experimental como un proceso que consiste en someter un objeto o a un grupo de objetos a determinadas condiciones, estímulos o tratamientos (variable independiente) para observar los efectos o reacciones producidas (variable dependiente). En este caso, para la investigación se someterá a diferentes tratamientos con distintas cantidades de levadura.

3.5 Investigación cuantitativa

Para Cortez y Neil (2018), la investigación cuantitativa permite captar la realidad de forma más imparcial, ya que los datos se recogen y analizan mediante conceptos y variables medibles, es así, que el objetivo de esta investigación fue la adquisición de conocimientos básicos y la elección del modelo más adecuado que permitió percibir la realidad de la forma más imparcial. En este sentido, en el presente trabajo de investigación se buscó la obtención de biocombustibles a partir de la cáscara del plátano (*Musa x paradisiaca*) y (*Musa AAB Simmonds*).

3.6 Materiales utilizados

3.6.1 Materia Prima.

- Cáscara de plátano (*Musa x paradisiaca*) y (*Musa AAB Simmonds*).
- Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)

3.6.2 Reactivos.

- Peptona (15 g/L)
- Glucosa (10 g/L)
- Hidróxido de sodio (NaOH) (5 N)
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 3 %

3.6.3 Materiales y equipos.

- Matraz erlenmeyer
- Pipeta
- Mechero de bunsen
- Destilador
- Botellas de vidrio
- Airlock
- Agua destilada
- Medidor de pH
- Vaso de precipitación
- Alcoholímetro
- Densímetro
- Termo agitador
- Balanza digital
- Refractómetro
- Baño térmico
- Agitador
- Balón de destilación
- Condensador
- Alcoholímetro

3.7 Diseño experimental

El diseño experimental descriptivo que se realizó será de muestras de 250 g de cáscara de plátano con cuatro repeticiones por tratamientos y con diferentes dosis de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) aplicadas en diferentes porcentajes, (2 % y 4 %) en siete días de fermentación.

3.8 Proceso productivo del bioetanol

Los resultados de los experimentos de adsorción de colorantes indican que los tratamientos previos con sustancias alcalinas y ácidas conducen a la formación de áreas superficiales específicas tanto internas como externas elevadas, que sugiere que se logró una considerable accesibilidad a la celulosa (Shimizu et al., 2018)

De acuerdo con Shimizu et al., (2018), Gámez (2022); Tejada et al. (2010); Vásquez (2019), el diagrama de flujo para la extracción de bioetanol que se consideró en la investigación fue:

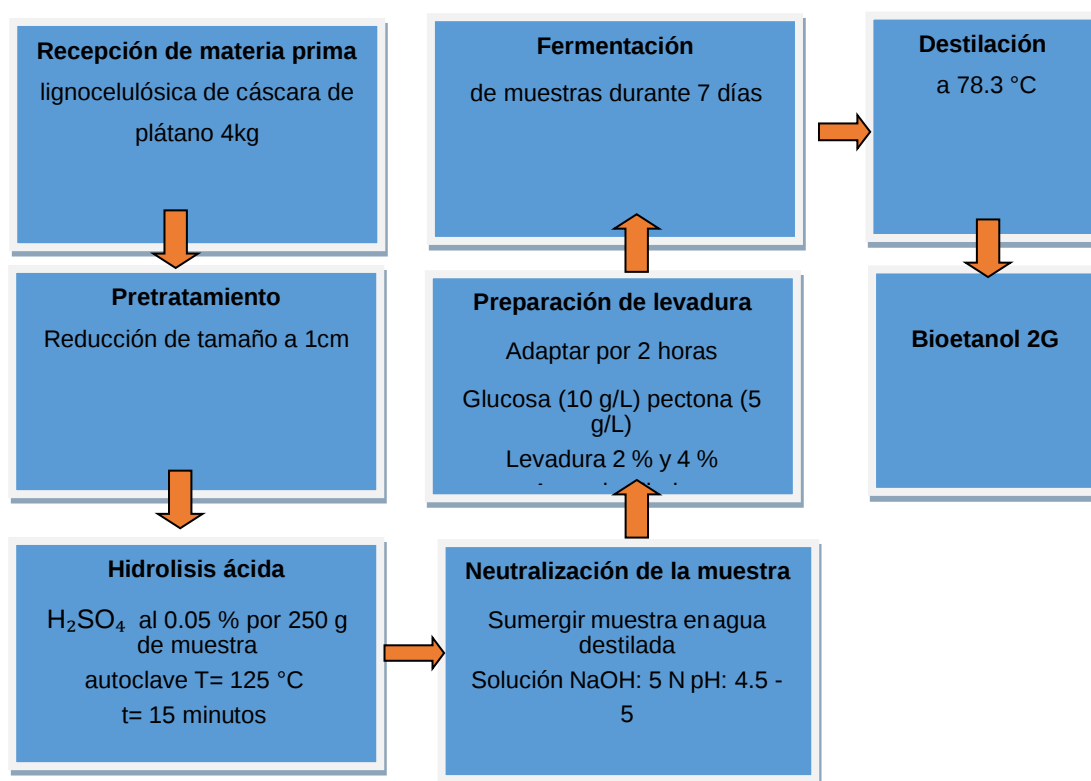


Figura 2. Diagrama de flujo para la extracción de bioetanol

Elaborado por: El Autor

Fuente: Gámez (2022); Tejada et al. (2010); Vásquez (2019)

3.8.1 Factores.

- **Factor A:** Cáscara de plátano (*Musa x paradisiaca*): 250g
- **Factor B:** Cáscara de plátano (*Musa AAB Simmonds*): 250g
- **Factor C:** Concentraciones de levadura: 2 % en el tratamiento 1 y 4 % en el tratamiento 2

Repeticiones: 4

FA x FC_{2%} x R_{1,2,3,4}

FA x FC_{4%} x R_{1,2,3,4},

FB x FC_{2%} x R_{1,2,3,4}

FB x FC_{4%} x R_{1,2,3,4},

3.8.2 Tratamientos.

En la Tabla 3, se hace referencia a los tratamientos que se llevarán a cabo en el diseño experimental.

Tabla 3. *Tratamientos del diseño experimental*

Tratamiento	Cantidad de cáscara de plátano	Levadura
1	250 g (<i>Musa x paradisiaca</i>)	2 %
2	250 g (<i>Musa x paradisiaca</i>)	4 %
3	250 g (<i>Musa AAB Simmonds</i>)	2 %
4	250 g (<i>Musa AAB Simmonds</i>)	4 %

Elaborado por: El Autor

3.8.3 Interacciones de tratamientos.

Se utilizó un diseño al azar para el desarrollo del proyecto con dos tratamientos y ocho repeticiones, a continuación, en la Tabla 4 se muestran las interacciones propuestas a realizar.

Tabla 4. *Interacciones de tratamientos*

T*	R1	R2	R3	R4
T1	T1XR1	T1XR2	T1XR3	T1XR4
T2	T2XR1	T2XR2	T2XR3	T2XR4
T3	T3XR1	T3XR2	T3XR3	T3XR4
T4	T4XR1	T4XR2	T4XR3	T4XR4

Nota. * Tratamientos

3.8.4 Cálculo de rendimiento.

El rendimiento del proceso se calculó con la relación entre el peso obtenido del producto y la cantidad de materia prima utilizada en un inicio, por medio de un balance de materia, considerando la fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{vol. de etanol producido}}{\text{vol. de MP sometida a fermentación} \times 100}$$

3.8.5 Análisis Estadístico.

El análisis estadístico de los datos se efectuó mediante las pruebas paramétricas y no paramétricas, como la t de Student y la prueba de la U de Mann-Whitney aplicada a dos muestras independientes según el caso requerido para determinar si existen diferencias significativas en el producto

resultante del bioetanol de 2G, considerando las diferentes concentraciones de levadura que se aplicó en el proceso de extracción del bioetanol.

3.9 Caracterización de materia prima

Se realizó análisis físico y químico a la materia prima (cáscara de plátano) detallado a continuación:

3.9.1 Determinación de pH.

Para determinar el pH se tomaron 10 g de muestra de la materia prima y 50 mL de agua destilada. Se procede a mezclarlo en un vaso de precipitación y ubicarlo en el pH metro (NTE INEN 526, 2013).

3.9.2 Determinación de grados brix.

Respecto a los grados °Bx que se tomó 1g de cada tipo de cáscara y se realizó la medición de este (NTE INEN 526, 2013).

3.9.3 Determinación de densidad.

Para lograr calcular la densidad de una materia prima, primero se obtiene su masa pesando la muestra y luego se calcula su volumen en una probeta, para después hacer una división de ambos (NTE INEN 521, 2013).

3.9.4 Determinación de acidez.

La norma INEN 013 establece el método para la determinación de la acidez titulable titulando cinco g de la muestra, para lo cual se utiliza los siguientes reactivos: hidróxido de sodio (NaOH) 0,1N, fenolftaleína como indicador y agua destilada, mediante este método se obtiene el valor de acidez titulable.

3.10 Caracterización del biocombustible

Se realizó el análisis de acidez, grados brix y alcohol (v/v) detallado a continuación.

3.10.1 Determinación de pH de biocombustible obtenido

Para determinar el pH se tomó 10 mL del biocombustible obtenido y se aplicó un pH metro.

3.10.2 Determinación de grados brix de biocombustible obtenido

Respecto a los grados °Bx que se logren obtener se aplicó un refractómetro en 10 ml del biocombustible.

3.10.3 Determinación de alcohol (v/v) de biocombustible obtenido.

Para determinar el grado alcohólico se tomó una muestra de 30ml del biocombustible y se le agregará 50ml de agua destilada en una probeta, posteriormente se sumergirá un alcoholímetro densímetro.

3.11 Análisis físico y químico

A continuación, en la Tabla 5 se mostrarán los análisis físicos químicos de los dos tipos de cáscaras de plátano.

Tabla 5. *Materia Prima Inicial*

Materia Prima	°Brix	Densidad g/cm ³	pH	Acidez mg/l
<i>Musa x paradisiaca</i>	14	0.1758	5.28	14.3
<i>Musa AAB Simmonds</i>	14	0.1698	5.10	15

Elaborado por: El Autor

3.12 Costos de producción

Se llevará la contabilidad de los costos del proceso para la obtención de biocombustible, en la Tabla 6 se detallarán.

Tabla 6. *Costos de producción.*

Costos de producción		
Costo primario	MPD + MOD	MPD: USD 20.00
		MOD: USD 0.00
Costo de conversión	MOD + CIF	MOD: USD 0.00
		CIF: USD 120.00
Costo de producción	MOD + MPD + CIF	MOD: USD 0.00
		MPD: USD 20.00
		CIF: \$120 USD
Total		\$140 USD

Nota: MPD: Materia prima directa. MOD: Mano de obra directa. CIF: Costo indirectos de producción.

Elaborado por: El Autor

3.13 Criterios para supuesto de normalidad de datos

3.13.1 Criterio 1.

El criterio 1 corresponde a la eficiencia volumétrica de bioetanol de las dos variedades al 2% de SC.

Paso 1: Hipótesis de Normalidad.

Ho= Los datos tienen una distribución normal

Ha= Los datos NO tienen una distribución normal

Paso 2: Se plantea el Nivel de significancia.

NC = 95%

$\alpha = 5 \%$

Paso 3: Test de Normalidad.

Shapiro-Wilk para tamaño de muestras menores a 50

Paso 4: Criterio de Decisión.

Si Pvalue (Sig.) es $< \alpha$: Se rechaza la H_0

Si Pvalue (Sig.) es $\geq \alpha$: Se acepta la H_0

Datos con Distribución Normal

Hacer Pruebas Paramétrica de diferencias de medias

Datos SIN Distribución Normal

Hacer Pruebas NO Paramétrica de diferencias de medias

3.13.2 Criterio 2.

El criterio 2 corresponde a la eficiencia volumétrica de bioetanol de las dos variedades al 4% de SC.

Criterio:

Si Pvalue (Sig.) es $\geq \alpha$: Se acepta la H_0 , Se rechaza H_a

Los valores obtenidos permiten establecer la normalidad de los datos

Si Pvalue (**0.408**) es ≥ 0.05 : Se acepta la H_0

Si Pvalue (**0.127**) es ≥ 0.05 : Se acepta la H_0

Por lo tanto, se acepta la H_0 , lo que evidencia que los Datos (para los dos casos) cumplen con una distribución normal.

Se seleccionan pruebas PARAMETRICAS: Prueba T Student para muestras independientes.

3.13.3 Criterio 3.

El criterio 3 corresponde a la determinación de medias de eficiencia volumétrica en variedades distintas e iguales concentraciones de SC (2%).

Prueba de Levene de igualdad de varianzas, esta igualdad de varianzas ratifica que los datos cumplen una distribución normal.

Paso 1: Hipótesis de Normalidad.

H_0 = Varianza 1 = Varianza 2, Los datos tienen una distribución normal.

H_a =Varianza 1 $\neq$ Varianza 2, Los datos NO tienen una distribución normal.

Paso 2: Criterio de Decisión.

Si Pvalue (Sig.) es $< \alpha$: Se rechaza la H_0 .

Si Pvalue (Sig.) es $\geq \alpha$: Se acepta la H_0 .

3.13.4 Criterios de pruebas de muestras independientes T Student.

$H_0 = \mu_1 = \mu_2$.

$H_a = \mu_1 \neq \mu_2$.

Si Pvalue (Sig.) es $< \alpha$: Se rechaza la H_0

Si Pvalue (Sig.) es $\geq \alpha$: Se acepta la H_0

3.13.5 Criterio de prueba de normalidad

El criterio de prueba de normalidad corresponde a la eficiencia $^{\circ}GI$ con diferentes variedades y concentración SC 2%.

Si Pvalue (Sig.) es $< \alpha$: Se rechaza la H_0 , y se acepta la H_a = Los datos no tienen distribución normal.

Si Pvalue (Sig.) es $\geq \alpha$: Se acepta la H_0 , Se acepta la H_0 , los Datos cumplen con una distribución normal.

3.13.6 Pruebas de normalidad.

La prueba de normalidad corresponde a la eficiencia $^{\circ}GL$ con diferentes variedades y concentración SC 4%.

Si Pvalue (Sig.) es $< \alpha$: Se rechaza la H_0 , y se acepta la H_a = Los datos no tienen distribución normal.

Si Pvalue (Sig.) es $\geq \alpha$: Se acepta la H_0 , Se acepta la H_0 , los Datos cumplen con una distribución normal.

Como Pvalue (0.062) es $\geq \alpha$: Se acepta la H_0 , Se acepta la H_0 , los Datos cumplen con una distribución normal.

Como Pvalue (0.024) es $< \alpha$: Se rechaza la H_0 , Se acepta la H_a .

4 RESULTADOS

Los datos fueron procesados con el software estadístico SPSS®, se establecieron dos resultados en las pruebas de normalidad las cuales son Shapiro Wilks y Kolmogorov-Smirnova. Se utilizó T de Student para pruebas independientes paramétricas y U Mann-Whitney para las pruebas no paramétricas.

4.1 Eficiencia volumétrica

La determinación del volumen de alcohol que se obtuvo mediante el proceso de destilación individual en cada repetición del experimento se puede observar en la Tabla 7.

Tabla 7. Promedio de eficiencia volumétrica

<i>Saccharomyce scerevisiae</i>	R1 mL	R2 mL	R3 mL	R4 mL	Media μ mL
T1 2 %	246	244	250	252	248
T2 4 %	280	325	277	300	295.5
T3 2 %	277	282	271	286	279
T4 4 %	254	300	290	292	284

Elaborado por: El Autor

El tratamiento 2, con un volumen de 295.5ml utilizando *S. cerevisiae* al 4 %, registró el valor más alto en comparación con los otros tres tratamientos evaluados.

4.1.1 Análisis estadístico descriptivo de eficiencia volumétrica.

En la Tabla 8 se presenta un análisis estadístico descriptivo de la eficiencia volumétrica en función de la variedad y concentración de levadura. En ella se pueden apreciar variables tales como la media, desviación estándar y varianza.

Tabla 8. *Estadístico descriptivo eficiencia volumétrica.*

	N	Estadísticos descriptivos		Media	Desviación estándar	Varianza
		Mínimo (mL)	Máximo (mL)			
Eficiencia vol variedad 1-[2%] (mL)	4	244.00	252.00	248.0000	3.65148	13.333
Eficiencia vol variedad 2-[2%] (mL)	4	271.00	286.00	279.0000	6.48074	42.000
Eficiencia vol variedad 1-[4%] (mL)	4	277.00	325.00	295.5000	22.15852	491.000
Eficiencia vol variedad 2-[4%] (mL)	4	254.00	300.00	284.0000	20.46135	418.667
n válido (por lista)	4					

Elaborado por: El Autor

4.1.2 Prueba de normalidad con Variedad 1 y 2 con 2 % SC.

En este apartado se busca correlacionar de manera estadística la eficiencia volumétrica del bioetanol con ambas variedades de plátano con el 2% de *Saccharomyces cerevisiae*. Con pruebas de normalidad de Kolmogorov Smirnov y Shapiro Wilk.

Tabla 9. Prueba de normalidad Kolmogorov y Shapiro Wilk.

	Pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov ^a			*Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia vol variedad 1- [2%] (mL)	0.208	4		0.950	4	0.714
Eficiencia vol variedad 2- [2%] (mL)	0.178	4		0.985	4	0.931

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Se selecciona Shapiro-Wilk para
tamaño de muestras menores a 50

Elaborado por: El Autor

Resultado

Se acepta la Ho, los datos cumplen con una distribución normal

Si Pvalue (Sig.) es $\geq \alpha$: **Se acepta la Ho**

Si Pvalue (0.714) es ≥ 0.05 : **Se acepta la Ho**

Si Pvalue (0.930) es ≥ 0.05 : **Se acepta la Ho**

Al obtener los resultados podemos apreciar que la hipótesis planteada la cual menciona que los datos tienen una distribución normal es aceptada.

4.1.3 Prueba de normalidad con Variedad 1 y 2 con 4 % SC.

En este apartado se busca correlacionar de manera estadística la eficiencia volumétrica del bioetanol con ambas variedades de plátano con el 4% de *Saccharomyces cerevisiae*. Con pruebas de normalidad de y Shapiro Wilk. Con un margen de 16 repeticiones divididas en 4 tratamientos.

Tabla 10. Prueba de normalidad Kolmogorov y Shapiro Wilk

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia vol variedad 1-[4 %] (mL)	0,258	4	.	0,895	4	0.408
Eficiencia vol variedad 2-[4 %] (mL)	0,365	4	.	0,813	4	0.127

Nota: Prueba aplicada a la eficiencia volumétrica de bioetanol al 4% de SC

Elaborado por: El Autor

4.1.4 Evaluación de hipótesis por diferencias de medias.

Esta evaluación consiste en calcular la parte estadística de la prueba para saber si rechazar o no la hipótesis nula. Junto con un análisis hecho con t Student para la igualdad de medias. En la Tabla 11 lo vemos aplicado en las variedades con 2 % de *Saccharomyces cerevisiae*.

Tabla 11. Determinación de Medias

Tratamientos		Estadísticas de grupo			
		N	Media (ml)	Desviación estándar	Media de error estándar
Eficiencia volumen x grupos (ml)	VAR 1-[2%]	4	248.0000	3.65148	1.82574
	VAR 2-[2%]	4	279.0000	6.48074	3.24037

Nota: Determinación de medias aplicada a la eficiencia volumétrica en variedades distintas e iguales concentraciones de SC (2%).

Elaborado por: El Autor

Resultado

Como Pvalue (0.475) es $\geq \alpha$: Se acepta la H_0

H_0 = **No existen diferencias significativas entre las medias correspondientes a la eficiencia volumétrica**

4.1.5 Evaluación de hipótesis por diferencias de medias.

Esta evaluación consiste en calcular la parte estadística de la prueba para saber si rechazar o no la hipótesis nula. Junto con un análisis hecho con

t Student para la igualdad de medias. En la Tabla 12 lo vemos aplicado en las variedades con 4 % de *Saccharomyces cerevisiae*.

Tabla 12. *Determinación de Medias.*

Estadísticas de grupo					
Tratamientos		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Eficiencia volumen x grupos	Var 1-[4%]	4	295.5000	22.15852	11.07926
	Var 2- [4%]	4	284.0000	20.46135	10.23067

Nota: Determinación de medias aplicada a la eficiencia volumétrica en variedades distintas e iguales concentraciones de SC (4 %).

Elaborado por: El Autor

4.2 Eficiencia Alcohólica

En la Tabla 13 se obtuvo los valores obtenidos de cada una de las repeticiones en cuanto al grado de alcohol respecta.

Tabla 13. *Eficiencia alcohólica*

Saccharomyces cerevisiae	R1	R2	R3	R4	Media μ
T1 2 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %
T2 4 %	9 %	4 %	3 %	4 %	5 %
T3 2 %	10 %	8 %	10 %	8 %	9 %
T4 4 %	3 %	3 %	5 %	5 %	4 %

Elaborado por: El Autor

4.2.1 Análisis estadístico descriptivo de eficiencia alcohólica

A continuación, se aprecia un análisis estadístico descriptivo de la eficiencia volumétrica según la variedad y concentración de levadura, donde podremos observar variables como la media, desviación estándar y la varianza.

Tabla 14. Estadístico descriptivo

	Estadísticos descriptivos					
	N	°Gl	°Gl	Media	Desviación estándar	Varianza
Eficiencia alcohol variedad 1-[2%]	4	5.00	5.00	5.0000	0.00000	0.000
Eficiencia alcohol variedad 2-[2%]	4	8.00	10.00	9.0000	1.15470	1.333
Eficiencia alcohol variedad 1-[4%]	4	3.00	9.00	5.0000	2.70801	7.333
Eficiencia alcohol variedad 2-[4%]	4	3.00	5.00	4.0000	1.15470	1.333

Nota: Prueba estadística descriptiva aplicada a la eficiencia volumétrica según variedad y concentración de levadura.

Elaborado por: El Autor

Tabla 15. Pruebas de Normalidad.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia alcohol variedad 1-[2%]		4			4	
Eficiencia alcohol variedad 2-[2%]	0.307	4		0.729	4	0.024

Nota: Prueba de normalidad aplicada a la eficiencia °GL con diferentes variedades y concentración SC 2%.

Elaborado por: El Autor

El tratamiento con la variedad 2 de cáscara de plátano (*Musa x AAB Simmonds*) si presenta normalidad frente a el tratamiento con la variedad 2

(*Musa x paradisiaca*) la cual no presento varianza en sus diferentes repeticiones por lo tanto no presenta normalidad.

Criterio

Como Pvalue (0.00) es < 0.05 : Se acepta la H_a

Como Pvalue (0.024) es < 0.05 : Se acepta la H_a

Se concluye que los datos no tienen una distribución Normal, porque debe aplicarse pruebas No paramétricas para el cálculo de diferencia de medias.

Prueba no paramétrica U Mann-Whitney.

4.2.2 Prueba de normalidad con Variedad 1 y 2 con 4% SC.

Tabla 16. Pruebas de Normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia alcohol variedad 1-[4%]	0.394	4		0.773	4	0.062
Eficiencia alcohol variedad 2-[4%]	0.307	4		0.729	4	0.024

Nota: Pruebas de normalidad aplicadas a la eficiencia °GL con diferentes variedades y concentración SC 4 %.

Elaborado por: El Autor

Los resultados concluyen:

La eficiencia alcohólica obtenida en la variedad 1 sometida a una [concentración de 4 %] de levadura **cumple con la distribución normal de datos.**

La eficiencia alcohólica obtenida en la variedad 2 sometida a una [concentración de 4 %] de levadura **NO cumple con la distribución normal de datos.**

4.2.3 Evaluación de Hipótesis por diferencias de medias.

Las siguientes evaluaciones fueron aplicadas en variedades con concentración del 2 % SC.

Tabla 17. *Determinación de Medias.*

		Rangos		
Tratamientos		N	Rango promedio	Suma de rangos
	Var 1-[2%]	4	2.50	10.00
Grado alcohol x grupos	Var 2-[2%]	4	6.50	26.00
	Total	8		

Nota: Determinación aplicada a Eficiencia Alcohólica en Variedades distintas e iguales concentraciones de SC (2 %).

Elaborado por: El Autor

4.2.4 Prueba Mann-Whitney

Tabla 18. *Prueba Mann-Whitney*

Estadísticos de prueba ^a	
	Grado alcohol x grupos
U de Mann-Whitney	0.000
W de Wilcoxon	10.000
Z	-2494
Sig. asin. (bilateral)	0.013
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	.029 ^b

a. Variable de agrupación: TRATAMIENTOS

b. No corregido para empates.

Elaborado por: El Autor

Criterios

$H_0 = \mu_1 = \mu_2$

$H_a = \mu_1 \neq \mu_2$

Como Pvalue (0.029.) es $< \alpha$: Se rechaza la H_0

Resultado:

H_0 = NO existen Diferencias SIGNIFICATIVAS ENTRE las medias correspondientes a la Eficiencia Alcohólica del Bioetanol.

4.2.5 Evaluación de hipótesis por diferencias de medias.

Las siguientes evaluaciones fueron aplicadas en variedades con concentración del 4 % SC.

Tabla 19. *Determinación de Medias en eficiencia alcohólica*

Estadísticas de grupo					
Tratamientos		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Grado alcohol x grupos. var 1 [4%] y var 2 - [4%]	Var 1- [4%]	4	5.0000	2.70801	1.35401
	Var 2- [4%]	4	4.0000	1.15470	0.57735

Nota: Determinación de medias aplicadas en Variedades distintas e iguales concentraciones de SC (4 %).

Elaborado por: El Autor

4.2.6 Criterio para supuesto de normalidad de datos.

Prueba de Levene de igualdad de varianzas, esta igualdad de varianzas ratifica que Los datos cumplen una Distribución normal.

4.2.7 Prueba de muestras independientes T Student.

Criterios

$H_0 = \mu_1 = \mu_2$

$H_a = \mu_1 \neq \mu_2$

Si Pvalue (Sig.) es $< \alpha$: Se rechaza la H_0

Si Pvalue (Sig.) es $\geq \alpha$: Se acepta la H_0

Resultados:

Como Pvalue (0.522) es $\geq \alpha$: **Se acepta la Ho.**

Ho= No existen diferencias significativas entre las medias correspondientes a la eficiencia volumétrica.

4.3 Características físicas y químicas del bioetanol

4.3.1 pH del bioetanol.

A continuación, los análisis de pH que fueron realizados al volumen de alcohol que se obtuvo luego del proceso de destilación individual en cada repetición del experimento.

Tabla 20. Valores de pH del volumen de alcohol.

Saccharomyces cerevisiae	R1	R2	R3	R4	Media μ
T1 2 %	4.09	4.25	4.05	4.07	4.12
T2 4 %	4.37	4.20	4.17	4.15	4.22
T3 2 %	4.25	4.36	4.42	4.31	4.33
T4 4 %	6.62	6.70	6.76	6.65	6.68

Elaborado por: El Autor

El valor promedio de pH (6.68) en el tratamiento 4 con *Saccharomyces cerevisiae* al 4 % mostró una disminución en el valor de pH (4.12) en el tratamiento 1 con *S. cerevisiae* al 2 %.

4.3.2 Valores de densidad del volumen de alcohol.

En la Tabla 21 se reflejan los análisis de densidad que fueron realizados al volumen de alcohol que se obtuvo luego del proceso de destilación individual en cada repetición del experimento.

Tabla 21. Valores de densidad del volumen de alcohol

Saccharomyces cerevisiae	R1 g/L	R2 g/L	R3 g/L	R4 g/L	Media μ g/L
T1 2 %	0.95	0.97	0.96	0.97	0.96
T2 4 %	0.97	0.98	0.97	0.96	0.97
T3 2 %	0.97	0.98	0.98	0.97	0.98
T4 4 %	0.96	0.97	0.97	0.98	0.97

Elaborado por: El Autor

El valor promedio de densidad (0.98g/L) del tratamiento 3 con *S. cerevisiae* al 2 % mostró un aumento en relación con el valor de densidad de todos los otros tratamientos.

4.3.3 Grados brix en el bioetanol.

En los grados brix se obtienen los porcentajes de solidos solubles, los cuales se presentan en la Tabla 22.

Tabla 22. Grados brix en el bioetanol

Saccharomyces cerevisiae	R1	R2	R3	R4	Media μ
T1 2 %	7.5	8	7	8.3	7.7
T2 4 %	8.3	7	6.9	7	7.3
T3 2 %	8.2	8.1	8.1	8.4	8.2
T4 4 %	7.3	7	6.3	7	6.39

Elaborado por: El Autor

El mayor promedio de grados brix en el bioetanol se presentó con el tratamiento 4 con *S. cerevisiae* al 4 % (6.39).

4.4 Análisis comparativo entre variedades de materia prima

Se obtuvo un análisis descriptivo entre variedades de las materias primas y sus parámetros, las cuales engloban los tratamientos con 2 % y 4 % de ***Saccharomyces cerevisiae***. Los cuales se presentan en la Tabla 23 y 24.

4.4.1 Grados brix del bioetanol.

Los resultados de grados brix obtenido con la variedad 2% se presentan en la Tabla 23.

Tabla 23. Grados Brix variedad 2 %

	Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
°Brix variedad 1-[2 %]	4	7	8.3	7.700	0.57155	0.327
°Brix variedad 2-[2 %]	4	8.1	8.4	8.200	0.14142	0.02
N válido (por lista)	4					

Elaborado por: El Autor

Los resultados de grados brix obtenido con la variedad 4% se presentan en la Tabla 24.

Tabla 24. Grados Brix variedad 4 %

	Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
°Brix variedad 1-[4 %]	4	6.90	8.3	7.300	0.66833	0.447
°Brix variedad 2-[4 %]	4	6.30	7.3	6.900	0.42426	0.18
N válido (por lista)	4					

Elaborado por: El Autor

4.4.2 pH del bioetanol.

Los resultados de pH obtenido con los porcentajes de 2% y 4% se presentan en las Tablas 25 y 26.

Tabla 25. pH variedad 2 %

		Estadísticos descriptivos					
		N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
pH	Variedad 1-[2 %]	4	4.05	4.25	4.1150	0.09147	0.008
pH	Variedad 2-[2 %]	4	4.25	4.42	4.3350	0.07234	0.005
N válido (por lista)		4					

Elaborado por: El Autor

Tabla 26. *pH variedad 4 %*

	Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
pH Variedad 1-[4 %]	4	4.15	4.37	4.2225	0.10046	0.010
pH Variedad 2-[4 %]	4	6.62	6.76	6.6825	0.06131	0.004
N válido (por lista)	4					

Elaborado por: El Autor

4.4.3 Densidad del bioetanol.

La densidad de ambas variedades junto con la variedad de 2% y 4% se presentan en la Tablas 27 y 28.

Tabla 27. *Densidad variedad 2 %*

	Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
Densidad variedad 1-[2 %]	4	9.50	9.70	9.6250	0.09574	0.009
Densidad variedad 2-[2 %]	4	9.70	9.80	9.7500	0.5774	0.003
N válido (por lista)	4					

Elaborado por: El Autor**Tabla 28.** *Densidad variedad 4 %*

	Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
Densidad variedad 1-[4 %]	4	9.60	9.80	9.7000	0.08165	0.007
Densidad variedad 2-[4 %]	4	9.60	9.80	9.7000	0.08165	0.007
n válido (por lista)	4					

Elaborado por: El Autor

5 DISCUSION

Basado en los resultados obtenidos en esta investigación se puede afirmar que el uso de concentraciones de 4 % de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) tiene una eficiencia volumétrica y alcohólica con el método extracción ácida para la producción de bioetanol en el material lignocelulósico de la cáscara de plátano (*Musa AAB Simmonds*) versus la variedad de cáscara de plátano (*Musa x paradisiaca*). Lo cual es corroborado según Suarez-Machin et al.,(2016), quienes mencionan que el 96 % de fermentaciones alcohólicas se lleva a cabo mediante cepas de *S. cerevisiae* o especies relacionadas. Las cepas de *S. cerevisiae* pueden producir concentraciones de etanol de hasta el 12-14%. Asemejándose mucho al valor del tratamiento con más eficiencia alcohólica el cual obtuvo 9° de alcohol.

Según Melo-Sabogal et al., (2015), “La cáscara representa del 35 % al 40 % del fruto, generando residuos que se podrían aprovechar para la fabricación de diferentes productos de valor agregado”. Confirmando así que la cáscara de plátano tiene un muy buen aprovechamiento para la producción de biocombustibles.

Se logró obtener una validez estadística respecto a la producción de bioetanol con materia lignocelulosa y aditamento de levadura en diferentes concentraciones. Se pudo observar en el tratamiento 2 el cual se realizó con 4 % de levadura, dando 295.5ml en promedio siendo este el 62.8 % del valor inicial previo a la destilación.

En el presente trabajo se logró de manera experimental demostrar que el material lignocelulósico de la cáscara del plátano sirve para obtener un bioetanol de segunda generación, que muy bien podría ser remplazado en un futuro por los combustibles fósiles tradicionales , lo cual concuerda con lo publicado por Aditiya et al. (2016), que indica la disponibilidad de la materia

prima, de la 2G tiene un potencial gigantesco si se implanta a nivel mundial. Además, los expertos han pronosticado que la producción de segunda generación sustituirá a la de primera en un futuro próximo.

Se logró apreciar que el tratamiento 3 con 2 % de *S. cerevisiae* mostro un aumento de grados brix por encima de los otros tratamientos siendo de 8.2° grados en comparación al más bajo que es de 6.39° en promedio .

Se observó un promedio significativo en la densidad dentro de los cuatro tratamientos dando un promedio de 0.97 g/L , lo cual es similar a lo informado por Martínez et al. (2014) quienes hacen referencia sobre la densidad del bioetanol la cual aumenta durante el proceso de fermentación debido a altas concentraciones de levadura.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El promedio del volumen de alcohol obtenido 295.5 mL con el tratamiento con *S. cerevisiae* al 4 % con la variedad (*Musa x paradisiaca*) fue estadísticamente superior sobre el promedio 279 mL del tratamiento con *S. cerevisiae* al 2 %. Con la variedad (*Musa x AAB Simmonds*).

En referencia al promedio de grados de alcohol obtenido 9 % con el tratamiento con *S. cerevisiae* al 2 % con la segunda variedad de cáscara de plátano (*Musa x AAB Simmonds*) fue estadísticamente superior sobre el promedio 4 % del tratamiento con *S. cerevisiae* al 4 %. Con la variedad (*Musa x AAB Simmonds*).

El Tratamiento 2 (*Musa x paradisiaca*) con 4 % presentó mayor significancia ya que se obtuvo mayor volumen de alcohol y relacionándolo con el tratamiento 3 (*Musa x AAB Simmonds*) el cual presento mayores grados de alcohol.

Analizando los promedios de las variables volumen y grados de alcohol se puede concluir que el componente con mayor porcentaje *S. cerevisiae* permite una mayor producción de bioetanol en la cáscara de plátano con el método de extracción ácida.

El valor promedio de pH 4.12 con *S. cerevisiae* al 2 % con la variedad (*Musa x paradisiaca*) mostro una disminución en el valor de pH 6.68 con *S. cerevisiae* al 4% con la variedad de (*Musa AAB Simmonds*).

El valor promedio de densidad 98 g/L con *S. cerevisiae* al 2 % con la variedad (*Musa x AAB Simmonds*) presentó un aumento con relación al valor de densidad 96 g/L con *S. cerevisiae* al 2 % con la variedad (*Musa x paradisiaca*).

En el tratamiento con *S. cerevisiae* al 2 % presentó 8.2° brix con la variedad (*Musa AAB Simmonds*) se registra el mayor promedio de grados brix en relación con el promedio obtenido con *S. cerevisiae* al 4 % con 6.39° brix con la variedad (*Musa AAB Simmonds*).

6.2 Recomendaciones

Para el proceso de fermentación se debería aplicar concentraciones altas de levadura para aumentar la producción del volumen y grados de alcohol.

Es esencial mantener las temperaturas adecuadas durante la destilación para maximizar la concentración de alcohol en una sola destilación.

Sería beneficioso llevar a cabo más investigaciones sobre diferentes residuos lignocelulósicos que contribuyan a la producción de bioetanol mediante extracción ácida.

Se sugiere profundizar en el estudio de la hidrólisis ácida para optimizar las condiciones que permitan extraer mayor cantidad de azúcar de la materia prima. Dado que la celulosa es crucial en la fermentación, especialmente por su abundancia en la cáscara de plátano, es relevante identificar un microorganismo más robusto que potencie una fermentación más eficiente de los azúcares derivados de la hidrólisis ácida.

Además, sería propicio investigar en profundidad las variedades de fermentaciones aplicables a material lignocelulósico. Esto podría impulsar el

estudio de nuevas opciones de bioetanol y ayudar a mitigar la polución generada por combustibles convencionales.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Povea, R., Guerrero Cortez, V., & Zambrano Zambrano, L. D. C. (2018). Análisis del consumo de banano en la ciudad de Guayaquil, Ecuador Analysis. *Espacios*, 39(41).
<http://www.revistaespacios.com/a18v39n41/a18v39n41p06.pdf>
- Aditiya, H., Mahlia, T., Chong, W., Nur, H., y Sebayang, A. (2016). Second generation bioethanol production: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66, 631-653. doi: 10.1016/j.rser.2016.07.015
- Alherbawi, M., AlNouss, A., McKay, G., y Al-Ansari, T. (2021). Optimum sustainable utilisation of the whole fruit of *Jatropha curcas*: An energy, water and food nexus approach.
- Alvarado, M; Cevallos, M; Alcívar, J. 2021. Residuos de banano (*Musa Paradisiaca*) como materia prima alternativa (en línea). *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios* 35-46. Disponible en https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/1932.
- Arias, F. (2015). El proyecto de investigación (Sex-ta ed.). Caracas: Episteme. Obtenido de <https://es.slideshare.net/fidiasarias/fidias-g-arias-el-pro-yecto-de-investigacin-6ta-edición>
- Branco, R. H. R., Serafim, L. S., y Xavier, A. M. R. B. (2019). Second generation bioethanol production: On the use of pulp and paper industry wastes as feedstock. *Fermentation* 5(1), 4. <https://doi.org/10.3390/>
- Callegari, A., Bolognesi, S., Cecconet, D., y Capodaglio, A. G. (2020). Production technologies, current role, and future prospects of biofuels feedstocks: A state-of-the-art review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 50(4), 384-436. <https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1629801>
- Chávez, K. J. P., Navarrete, E. T. P., y Párraga, R. R. M. (2020). Gestión del conocimiento, capital intelectual e innovación de la producción del chifle de plátano (*MUSA AAB*). *El Higo Revista Científica*, 10(2), Art. 2. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v10i2.10552>
- Chen, H. (2014). *Biotechnology of Lignocellulose. Theory and Practice*. Chemical Industry Press and Springer.

- David Alan Neill, L. C. (2018). *Procesos y Fundamentos de la Investigacion Cientifica*. Machala - Ecuador: Coleccion Redes 2017.
- D. Hoornweg, P.-T. (2012). What a Waste. A Global Review of Solid Waste Management. *Inturban Development*.
- De Medeiros, E. M., Noorman, H., Maciel, R., y Posada, J. A. (2020). Production of ethanol fuel via syngas fermentation: Optimization of economic performance and energy efficiency. *Chemical Engineering Science*: X, 5, 100056. <https://doi.org/10.1016/j.cesx.2020.100056>
- De Pádua, M., Pigosso, D. C. A., y McAloone, T. C. (2018). Sustainable qualifying criteria for designing circular business models. *Procedia CIRP*, 69, 799-804. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.014>
- Duarte, A., Uribe, J. C., Sarache, W., y Calderón, A. (2021). Economic, environmental, and social assessment of bioethanol production using multiple coffee crop residues. *Energy*, 216, 119170. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119170>
- Duque, A., Álvarez, C., Doménech, P., Manzanares, P., y Moreno, A. D. (2021). Advanced bioethanol production: From novel raw materials to integrated biorefineries. *Processes*, 9(2), 206. <https://doi.org/10.3390/pr9020206>
- Gámez, C.(2022). bdigital.zamorano.edu. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/e2060d89-9902-9fe3fa0ccff1/content>
- García, S; Aviles, D; Lamulle, M. 2021. Desarrollo comunitario; producción de musácea en dos zonas de la costa ecuatoriana (en línea). *Revista de Ciencias Sociales* 27:340-354. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/280/28068276027/html/>.
- Gómez, J., Sánchez, Ó., & Matallana, L. (2019). Residuos urbanos, agrícolas y pecuarios en el contexto de las biorrefinerías (Urban, agricultural and livestock waste in the context of biorefineries, in Spanish). *Revista Facultad de Ingeniería*, 28(53), 7-32. [https://doi.org/https://doi.org/10.19053/01211129.v28.n53.2019.9705](https://doi.org/10.19053/01211129.v28.n53.2019.9705)
- Gómez-Soto, J. A., Sánchez-Toro, O. J., y Matallana-Pérez, L. G. (2021). Procesos de Transformación: Perspectiva de Aprovechamiento para los Residuos de la Agroindustria del Plátano. *Producción + Limpia*, 16(1), 6-30. <https://doi.org/10.22507/pml.v16n1a1>
- Gonzabay, R. 2018. Cultivo del banano en el Ecuador. *Revista Nafese* :113-142.

Google Maps (2022). www.googlemaps.com

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill Education.

IEA Bioenergy. (2009). Task 42. Biorefineries: Adding value to the sustainable utilisation of biomasa. The REVISTA PRODUCCIÓN + LIMPIA–Vol. 16 No 1 – enero/junio – 2021 / J. Gómez Procesos de Transformación: Perspectiva de Aprovechamiento para los Residuos de la Agroindustria del Plátano 26International Energy Agency (IEA). <http://www.ieabioenergy.com/wpcontent/uploads/2013/10/Task-42- Booklet.pdf>

IEA Bioenergy. (2012). Task 42. Bio-based chemicals: Value added products from biorefineries. The International Energy Agency (IEA). <http://www.ieabioenergy.com/publications/ bio-based-chemicals-value-addedproducts-from-biorefineries/>

Infobae, "El atlas de los desperdicios: los países que más basura producen", 2017. Disponible en: <https://www.infobae.com/economia/rse/2017/05/01/el-atlas-de - los-desperdicios-los-paises-que-mas-basura-producen/>

Kang, Q., Appels, L., Tan, T., y Dewil, R. (2014). Bioethanol from lignocellulosic biomass: Current findings determine research priorities. Scientific World Journal, 2014, 298153. <https://doi.org/10.1155/2014/298153>

Kumar, P., Barrett, D. M., Delwiche, M. J., y Stroeve, P. (2009). Methods for pretreatment of lignocellulosic biomass for efficient hydrolysis and biofuel production. Industrial and Engineering Chemistry Research, 48(8), 3713-3729. <https://doi.org/10.1021/ie801542g>

Maina, S., Kachrimanidou, V., & Koutinas, A. (2017). A roadmap towards a circular and sustainable bioeconomy through waste valorization. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 8, 18-23. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2017.07.007>

Martínez, P., Rodríguez, I., Pérez, G. y Mas, L. (2014). Caracterización y evaluación del bagazo de caña de azúcar como biosorbente de hidrocarburos. *Afinidad LXXI*, 565, 1-6. doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.225Get rights and content

McGookin, C., Gallachóir, B. Ó., y Byrne, E. (2021). Participatory methods in energy system modelling and planning – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 151, 111504. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111504>

- Melendez, J. R., Mátyás, B., Hena, S., Lowy, D. A., y El Salous, A. (2022). Perspectives in the production of bioethanol: A review of sustainable methods, technologies, and bioprocesses. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 160, 112260. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112260>
- Melendez, J. R., y El Salous, A. (2021). Factores críticos de éxito y su impacto en la Gestión de Proyectos empresariales: Una revisión integral. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVII(4), 228-242. <https://doi.org/10.31876/rcs.v27i4.37252>
- Mesa, L., Martínez, Y., De Armas, A. C., y González, E. (2020). Ethanol production from sugarcane straw using different configurations of fermentation and techno-economical evaluation of the best schemes. *Renewable Energy*, 156, 377- 388. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.04.091>
- Melo-Sabogal, D. V., Torres-Grisales, Y., Serna-Jiménez, J. A., & Torres-Valenzuela, L. S. (2015). APROVECHAMIENTO DE PULPA Y CÁSCARA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca* spp) PARA LA OBTENCIÓN DE MALTODEXTRINA. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(2), 76-85. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(13\)76-85](https://doi.org/10.18684/BSAA(13)76-85)
- MINAGRI, M. D. (2014). El Banano Peruano. Recuperado el 4 de septiembre de 2021, de. <http://repositorio.minagri.gob.pe/xmlui/handle/MIDAGRI/70>
- Mohapatra, S., Ray, R. C., y Ramachandran, S. (2019). Bioethanol from biorenewable feedstocks: Technology, economics, and challenges. In C. R. Ramesh y S. Ramachandran (Eds.), *Bioethanol Production from Food Crops: Sustainable Sources, Interventions and Challenges* comprehensively covers the global scenario of ethanol production (pp. 3-27). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813766-6.00001-1>
- Moula, M. M. E., Nyári, J., y Bartel, A. (2017). Public acceptance of biofuels in the transport sector in Finland. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(2), 434-441. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2017.07.008>
- NTE INEN 518. (1981). Harina de vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento. Quito: INEN.
- NTE INEN 521. (2013). Harinas de origen vegetal. Determinación de la acidez titulable. Quito: INEN.
- NTE INEN 526. (2013). Harinas de origen vegetal. Determinación de la concentración de Ión Hidrógeno o pH. Quito: INEN.

- Ormaza, M. G., y Guerrero-Baena, M. D. (2021). Gestión de calidad y crecimiento empresarial: Análisis bibliométrico. *Revista Venezolana de Gerencia*, 26(93), 318-333. <https://doi.org/10.52080/rvg93.22>
- Peña, S. E., y López, J. E. (2020). Desarrollo sostenible y oportunidad de aprendizaje de las biorrefinerías: Una alternativa de la biomasa. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVI(E-2), 401-413. <https://doi.org/10.31876/rcs.v26i0.34135>
- Pinto, A. S. S., Brondi, M. G., De Freitas, J. V., Furlan, F. F., Ribeiro, M. P. A., Giordano, R. C., y Farinas, C. S. (2021). Mitigating the negative impact of soluble and insoluble lignin in biorefineries. *Renewable Energy*, 173, 1017-1026. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.03.137>
- Puricelli, S., Cardellini, G., Casadei, S., Faedo, D., Van den Oever, A. E. M., y Grosso, M. (2021). A review on biofuels for light-duty vehicles in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137, 110398. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110398>
- Posso, S. (2020). Residual biomass-based hydrogen production: Potential and possible uses in Ecuador. 13717-13725.
- PRO ECUADOR Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones.(2015). Análisis sectorial: Plátano 2015. Quito, Ecuador: Ministerio de Comercio Exterior e Inversiones del Gobierno de la República del Ecuador. [Online]. Disponible: http://www.proecuador.gob.ec/wpcontent/uploads/2015/06/PROEC_AS2015_PLATANO1.pdf.
- Ramos-Soto, A. L., Londoño, D. C., Sepulveda-Aguirre, J., y MartínezJiménez, R. (2020). Gestión integral e integrada: Experiencia de las empresas en México. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVI(3), 31-44. <https://doi.org/10.31876/rcs.v26i3.33229>
- Rivera Agredo, Y. J., Guevara Guerrero, B., & Díaz Urbano, C. E. (2019). Evaluación fisicoquímica, nutricional y microbiológica en banano deshidratado por Liofilización, Ventana de Refractancia y Convección forzada. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 6(1). <https://doi.org/10.23850/24220582.2032>
- Sánchez, V. H., y Zambrano, J. L. (2019). Adoption and impact of agricultural technologies developed in Ecuador. *La Granja*, 30(2), 27-36. <https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.03>

- Singh, N., Singhanian, R. R., Nigam, P. S., Dong, C-D., Kumar, A., y Puri, M. (2022). Global status of lignocellulosic biorefinery: Challenges and perspectives. *Bioresource Technology*, 344(Part-B), 126415. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126415>
- Shimizu, F. L., Monteiro, P. Q., Ghiraldi, P. H. C., Melati, R. B., Pagnocca, F. C., Souza, W. D., Sant'Anna, C., & Brienzo, M. (2018). Acid, alkali and peroxide pretreatments increase the cellulose accessibility and glucose yield of banana pseudostem. *Industrial Crops and Products*, 115, 62-68. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.02.024>
- Sharma, B., Larroche, C., y Dussap, C-G. (2020). Comprehensive assessment of 2G bioethanol production. *Bioresource Technology*, 313, 123630. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123630>
- Suárez-Machín, Caridad; Garrido-Carralero, Norge Antonio; Guevara-Rodríguez, Carmen. (2016). Levadura *Cerevisia cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. 50, núm. 1, 20-28.
- Tejada, L., Candelaria, A., Alvear, M., Castillo, C., Henao, D., Marimón, W. y Tarón, A. (2010). Producción de bioetanol a partir de la fermentación alcohólica de jarabes glucosados derivados de las cáscaras de naranja y piña. *Educación en Ingeniería*, 3-4. doi.org/10.26507/rei.v5n10.104
- Torres, M. (2012) Temperatura y la difusividad másica del secado de plátano verde (*Musa paradisiaca*) de la variedad Inguiri Tesis Universidad Nacional del Centro del Perú
- Vásquez, S. (2019). Trabajo de titulación. Obtención de bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica presente en la cascarilla del arroz para ser utilizados en equipos motorizados (Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana SEDE Cuenca, Ecuador). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17633/4/UPS-CT008382.pdf>
- Villa, L. E., Perdomo-Ortiz, J., y Pedraza, C. E. (2021). Responsabilidad social empresarial en empresas de la industria colombiana: Una aproximación comprensiva. *Revista Venezolana de Gerencia*, 26(95), 918-942. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.95.29>

- Viñals, M., Bell, A., Michelena, G., & Ramil, M. (2012). Obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 7-16.
- Ward, P. O. (2013). Biotecnología de la fermentación: Principios, procesos y productos. Zaragoza: Acribia S.A.
- Wu, B., Wang, Y-W., Dai, Y-H., Song, C., Zhu, Q-L., Qin, H., Tan, F-R., Chen, H-C., Dai, L-C., Hu, G-Q., y He, M-X. (2021). Current status and future prospective of bio-ethanol industry in China. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 145, 111079. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111079>
- Zuñiga, 2016), diciembre 7). 7 beneficios a la salud de los plátanos verdes. Mejor con Salud. <https://mejorconsalud.as.com/7-beneficios-salud-platanos-verdes/>

Anexos

Nota: Todos los anexos fueron elaborados por el autor.

Anexo 1. *Recepción de materia prima*



Anexo 2. *Reducción de tamaño de la cáscara del plátano*



Anexo 3. *Aditamento de H₂SO₄ a la muestra*



Anexo 4. *Muestra de la cáscara de plátano previo a tratamiento de autoclave*



Anexo 5. Medición de pH a cáscara de plátano



Anexo 6. Control de temperatura en autoclave



Anexo 7. Dextrosa y Agua Peptona previo al YPD



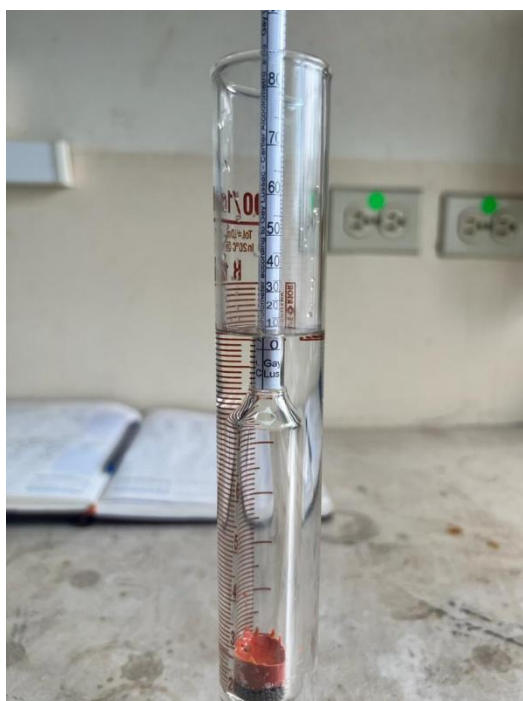
Anexo 8. Tratamientos en frascos de fermentación



Anexo 9. Proceso de destilación



Anexo 10. Medición de grados de alcohol a bioetanol obtenido



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Abril Burgos, Renan Eduardo** con C.C: #1313654178 autor del **Trabajo de Integración Curricular: Producción de biocombustible a partir de la cáscara de dos variedades de plátano, obtenidas de la industria chiflera de El Carmen, Manabí**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agroindustrial** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 11 de septiembre de 2023

f. _____

Abril Burgos, Renan Eduardo

C.C: 1313654178

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Producción de biocombustible a partir de la cáscara de dos variedades de plátano, obtenidas de la industria chiflera de El Carmen, Manabí		
AUTOR(ES)	Abril Burgos Renan Eduardo		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Meléndez Rangel Jesús Ramón		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica Para el Desarrollo		
CARRERA:	Agroindustria		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniera Agroindustrial		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	11 de septiembre de 2023	No. DE PÁGINAS:	56
ÁREAS TEMÁTICAS:	Industria no alimentaria, química, estadística		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Bioetanol, <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , material lignocelulósico, eficiencia alcohólica.		
RESUMEN/ABSTRACT (250-300 palabras):			
El bioetanol de segunda generación (2G) es un tipo de biocombustible producido a partir de materiales lignocelulósicos. Estos materiales incluyen residuos agrícolas, forestales y ciertos cultivos energéticos no alimentarios. En la siguiente investigación se utilizaron dos tipos de cáscara de plátano las cuales fueron <i>Musa x paradisiaca</i> y <i>Musa AAB Simmonds</i> con diferentes concentraciones de levaduras con cuatro repeticiones en cuatro tratamientos arrojando un total de 16 repeticiones. Los análisis estadísticos de los datos se efectuaron mediante las pruebas paramétricas y no paramétricas, como la t de Student y la prueba de la U de Mann-Whitney aplicada a dos muestras independientes según el caso requerido para determinar si existen diferencias significativas en el producto resultante del bioetanol de 2G, considerando las diferentes concentraciones de lavadura que se aplicaron. Los resultados de la eficiencia volumétrica se sitúan en un volumen de alcohol obtenido de (295 mL) con el tratamiento con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> al 4% el cual fue estadísticamente superior sobre el promedio (248 mL) del tratamiento con <i>S. cerevisiae</i> al 2 %. Los valores representativos del grado de alcohol obtenido alcanzo 9° de alcohol con el tratamiento con <i>S. cerevisiae</i> al 2 % el cual fue estadísticamente superior sobre el promedio 4° de alcohol del tratamiento con <i>S. cerevisiae</i> al 4 %. Al ser un proyecto basado en un estudio emergente su costo beneficio es muy bajo, ya que elaborar este combustible es muy costoso hoy en día. Se concluye que las propuestas experimentales son determinantes para evaluar la eficiencia volumétrica y alcohólica del bioetanol según los resultados validados estadísticamente dentro del trabajo realizado.			
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593 979824794	E-mail: renanabril@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ing. Caicedo Coello, Noelia Carolina M, Sc.		
	Teléfono: +593 98 736 1675		



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

E-mail: Noelia.caicedo@cuucsgedu.ec

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):

Nº. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (tesis en la web):