



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

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

Título del Proyecto de Investigación

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL DE OBTENCIÓN DE ETANOL A
PARTIR DEL BANANO (*Musa paradisiaca*)

Autores

Katherine Maribel Aroca Villamar

Juan Carlos Holguín Gorotiza

Director del Proyecto de Investigación

Ing. Juan Neira Mosquera PhD.

Quevedo - Los Ríos – Ecuador

2017

Declaración de Autoría y Cesión de Derecho

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

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

f. _____

Katherine Maribel Aroca Villamar

Declaración de Autoría y Cesión de Derecho

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

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

f. _____

Juan Carlos Holguín Gorotiza

Certificación de Culminación de Proyecto de Investigación



El suscrito, Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD., Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que los estudiantes Aroca Villamar Katherine Maribel e Holguín Gorotiza Juan Carlos, realizaron el Proyecto de Investigación titulado “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL DE OBTENCIÓN DE ETANOL A PARTIR DEL BANANO (*Musa paradisiaca*)”, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

f. _____
Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera, PhD.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Certificado del Reporte de la Herramienta de Prevención de Coincidencia y/o Plagio Académico

Ing. Juan Neira Mosquera PhD. en calidad de director de proyecto de Investigación titulado “**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL DE OBTENCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE BANANO (*Musa paradisiaca*)**”, me permito manifestar a usted y por intermedio al Consejo Académico de Facultad lo siguiente:

Que, los estudiantes **AROCA VILLAMAR KATHERINE MARIBEL e HOLGUÍN GOROTIZA JUAN CARLOS**, egresados de la Facultad Ciencias de la Ingeniería, ha cumplido con las correcciones pertinentes, e ingresada su Proyecto de Investigación al sistema URKUND, tengo a bien certificar la siguiente información sobre el informe del sistema anti plagio con un porcentaje de 7%.

URKUND	
Dokument	Katherine Aroca-Juan Holguin.docx (D29367949)
Inskickat	2017-06-13 13:05 (-05:00)
Mottagare	sungeysanchez.uteq@analysis.urkund.com
Meddelande	Proyecto de Investigación Srta.Katherine Aroca-Sr. Juan Holguín Visa hela meddelandet 7% av det här c:a 31 sidor stora dokumentet består av text som också förekommer i 7 st källor.

Ing. Juan Neira Mosquera PhD.

DIRECTOR DE PROYECTO INVESTIGACIÓN

Certificado de Aprobación por Tribunal de Sustentación



FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL DE OBTENCIÓN DE ETANOL
A PARTIR DEL BANANO (*Musa paradisiaca*)”**

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

Aprobado por:

Ing. Sonnia Barzola Miranda, MSc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Dalmiro Anciani González, MSc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Henry Aguilera Vidal, MSc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

**QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR
2017**

Agradecimiento

Agradezco profundamente a Dios, por guiarme en el sendero correcto de la vida, cada día en el transcurso de mi camino e iluminándome en todo lo que realizo de mi convivir diario.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo que me formo profesionalmente para poder servir a la sociedad y devolver todo lo dado por esta institución.

A la facultad Ciencias de la Ingeniería por la apertura dada para la realización de mis estudios.

A la carrera de Ingeniería Industrial por la formación académica para lograr alcanzar mis objetivos planteados.

A mis maestros de la Universidad UTEQ que me impartieron sus conocimientos y experiencias en el transcurso de mi vida estudiantil y que me ayudaron de una u otra forma para hacer posible la realización de este proyecto.

A mi director de proyecto de investigación Dr. Juan Alejandro Neira Mosquera por tenerme paciencia y por guiarme en cada paso de este proyecto.

A mi esposo y a mi hijo por apoyarme en cada decisión que tomo, y por estar a mi lado en cada momento de mi vida hoy, mañana y siempre.

A mis padres, por ser mi ejemplo para seguir adelante en el convivir diario y por inculcarme valores que de una u otra forma me han servido en la vida, gracias por eso y por muchos más.

A mis amigos y amigas y a todas las personas que me incentivaron y me motivaron para seguir adelante con los objetivos de este propósito.

Katherine Aroca Villamar

Agradecimiento

A Dios, por darme salud, bienestar y sabiduría para lograr cumplir unas más de mis metas en mi vida estudiantil.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo que me formo profesionalmente para poder seguir a la sociedad y devolver todo lo dado por esta institución.

A la facultad Ciencias de la Ingeniería por la apertura dada para la realización de mis estudios.

A la carrera de Ingeniería Industrial por la formación académica para lograr alcanzar mis objetivos planteados.

A mis profesores quienes me impartieron sus conocimientos y sabidurías logre cumplir mis metas.

Al Dr. Juan Alejandro Neira Mosquera, director del proyecto de investigación quien con su conocimiento y experiencia supo guiarme para la culminación de esta investigación.

A mi madre que siempre estuvo dispuesta a ayudarme tanto en lo económico, como en lo emocional para que lograra cumplir con mis objetivos propuestos.

A mis hermanos que siempre me dieron su apoyo y me motivaron a seguir con mis estudios universitarios.

A mis compañeros de clases con los cuales vivimos momentos difíciles pero también experiencias inolvidables.

Juan Holguín Gorotiza

Dedicatoria

Dedico este proyecto a Dios por ser el inspirador para cada uno de mis pasos dados en mí convivir diario.

A mi hijo y a mi esposo Luis Casquete por apoyarme en cada decisión que tomo, y por estar a mi lado en cada momento de mi vida hoy, mañana y siempre.

A mis padres por ser los guías en el sendero de cada acto que realizo hoy, mañana y siempre.

A mi director de proyecto de investigación Dr. Juan Alejandro Neira Mosquera por tenerme paciencia y por guiarme en cada paso de este proyecto.

A mis compañeros de clases con los cuales vivimos momentos difíciles, pero también experiencias inolvidables.

Katherine Aroca Villamar

Dedicatoria

A Dios, por guiar siempre mis pasos y brindarme la salud para continuar cumpliendo mis metas.

A mi madre Martina, quien es el pilar fundamental en mi vida y quien es la persona que siempre me apoya y me anima a seguir adelante.

A mis hermanos Olivia, Arturo, Ruperto, Cindy y Wilson que son personas importante en mi vida.

Y a todas las personas que me apoyaron en este proceso de formación profesional.

Juan Holguín Gorotiza

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el rendimiento de etanol de diferentes variedades de banano (*Musa paradisiaca*) para sus respectivos usos industriales, es decir se investigan nuevas alternativas de obtención de alcohol etílico, que den paso al aprovechamiento de los recursos disponibles. Se utilizó 12 Kg de banano (1 kg para cada tratamiento y repetición), en el proceso de obtención de etanol, se evaluó tres variedades y dos estados de madurez, además se cuantificó el rendimiento mediante un balance de materiales. Los análisis fisicoquímicos son: (rendimiento, pH, acidez, concentración de azúcar y grados alcohólicos) los cuales se los realizaron en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. El análisis sobre el porcentaje de metanol se realizó en Avilés & Vélez “AVVE” Laboratorios de análisis de alimentos S.A. de la ciudad de Guayaquil los cuales resultaron negativo, mismo que se puede utilizar a nivel la industria licorera apta para el consumo humano. Los resultados de las diferentes variables propuestas se tabularon mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS CENTURIÓN 16 y para la determinación de diferencias entre las medias de los niveles de tratamientos se aplicó la prueba de TUKEY ($p < 0.05$). En esta investigación se concluyó que se puede utilizar cualquier de las variedades y estados de madurez del fruto, ya que no reporto diferencia significativa entre ellas, con lo que se concluye que se obtuvieron resultados positivos, mediante prueba de cromatografía se estableció la ausencia de metanol.

Palabras Claves: Análisis físicos-químicos, variedades de banano, fermentación, destilación, diseño Experimental AxB, grados alcohólicos.

Abstract

The present research aims to evaluate the ethanol yield of different varieties of banana (*Musa paradisiaca*) for their respective industrial uses, that is to say, they investigate new alternatives to obtain ethyl alcohol, which lead to the use of available resources. 12 kg of banana (1 kg for each treatment and repetition) were used in the ethanol production process, three varieties and two stages of maturity were evaluated, and the yield was quantified through a balance of materials. The physicochemical analyzes are: (yield, pH, acidity, sugar concentration and alcoholic degrees) which were made in the Laboratory of Bromatology of the Technical University of Quevedo. The analysis on the methanol percentage was carried out in Avilés & Vélez "AVVE" Food analysis laboratories S.A. Of the city of Guayaquil which were negative, which can be used at the level of the liqueur industry suitable for human consumption. The results of the different proposed variables were tabulated using the STATGRAPHICS CENTURIÓN 16 statistical package and the TUKEY test ($p < 0.05$) was used to determine differences between the means of treatment levels. In this research it was concluded that any of the varieties and fruit maturity stages can be used, since it does not show a significant difference between them, which concludes that positive results were obtained, by chromatography test, the absence of methanol was established .

Keywords: Physical-chemical analysis, banana varieties, fermentation, distillation, Experimental AxB design, alcoholic degrees.

Tabla de Contenido

Declaración de Autoría y Cesión de Derecho	ii
Certificación de Culminación de Proyecto de Investigación	iv
Certificado del Reporte de la Herramienta de Prevención de Coincidencia y/o Plagio Académico..	v
Certificado de Aprobación por Tribunal de Sustentación	vi
Agradecimiento	vii
Dedicatoria	ix
Resumen.	xi
Abstract.	xii
Tabla de Contenido	xiii
Índice de Tablas	xvi
Índice de Figuras	xvi
Índice de Gráficos	xvi
Índice de Anexos	xvii
Código Dublín.....	xviii
Introducción	1
CAPÍTULO I	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Problema de investigación	3
1.1.1. Planteamiento del problema	3
Diagnóstico	3
Pronóstico.....	4
1.1.2. Formulación del problema	4
1.1.3. Sistematización del problema.....	4
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo general	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.2.3. Hipótesis.....	6
1.2.3.1. Nula.....	6
1.2.3.2. Alternativa.....	6
1.3. Justificación.....	7
CAPÍTULO II.....	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1. Marco conceptual	9
2.1.1 Fermentación.....	9
2.1.2 °Brix	9

2.1.3	Destilación.....	9
2.1.4	Etanol	10
2.1.5.	Producción bananera en el Ecuador	10
2.1.6.	Planta de banano.....	11
2.1.6.1	Fruto	11
2.1.6.2	Madurez del banano	11
2.1.7	Variedades de banano.....	12
2.1.7.1.	Cavendish Gigante o Grand Naine.....	12
2.1.7.2.	Orito (Baby Banana)	12
2.1.7.3.	Maqueño blanco	13
2.1.8.	Propiedades Nutricionales del banano	13
2.1.9.	Rendimiento alcohólico.....	14
2.1.10.	Concentración de Azúcar	14
2.1.11.	Obtención de alcohol etílico.....	14
2.1.12.	Levadura.....	14
2.1.13.	Ácido cítrico.....	15
2.1.14.	Usos del etanol	15
2.1.15.	Tipos de destilación.....	16
2.1.15.1.	Destilación fraccionada.....	16
2.1.15.2.	Destilación por vapor	16
2.1.15.3.	Destilación al vacío	16
2.2.	Marco referencial	16
CAPÍTULO III.....		19
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		19
3.1.	Localización	20
3.2.	Tipo de investigación	20
3.2.1	Investigación Descriptiva.....	20
3.2.2	Investigación Bibliográfica	20
3.2.3	Investigación Experimental.....	21
3.3.	Métodos de Investigación.....	21
3.3.1.	Método Deductivo.....	21
3.3.2	Método Inductivo	21
3.3.3	Método Analítico.....	21
3.4.	Fuentes de Recopilación de Información	21
3.5.	Diseño de la investigación.....	22
3.6.	Factores de estudios	22
3.7.	Variables de estudio	22

3.8.	Recursos Humanos y materiales.....	23
3.8.1.	Recursos Humanos.....	23
3.8.2.	Materiales.....	23
3.9.	Tratamientos de datos.....	23
3.10.	Materiales.....	24
3.11	Manejo del experimento.....	24
3.12.	Descripción textual del proceso de obtención de etanol por el método de destilación	25
3.5.	Flujograma del proceso de obtención de etanol	26
CAPÍTULO IV		28
RESULTADO Y DISCUSIÓN.....		28
4.1.	Resultados	29
4.1.1	Resultados con Respecto a los Análisis Físicos y Químicos.....	29
4.1.2.	Resultados del análisis de los valores obtenidos en los niveles del Factor A.	32
4.1.3.	Resultados del análisis de los valores obtenidos en los niveles del Factor B.....	34
4.1.4	Resultados de los tratamientos evaluados en la Interacción AxB	36
4.1.5.	Balance de materia para evaluar el rendimiento de etanol	38
4.1.6	Análisis de laboratorio del % de metanol.....	39
4.2	Discusión.....	40
4.2.1.	Factor A (Variedades)	40
4.2.2.	Factor B (Estados de madurez)	41
4.2.3	Tratamientos estudiados (variedades de banano en diferentes estados de madurez)	42
4.2.4.	Determinación del rendimiento mediante balance de material	43
4.2.5	Análisis de laboratorio del % de metanol.....	44
4.2.6.	Tratamientos de hipótesis.....	44
4.2.6.1.	Factor A (variedades)	44
4.2.6.2.	Factor B (estados de madurez)	44
4.2.6.3	Balance de materiales.....	44
CAPÍTULO V.....		45
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN.....		45
5.1.	CONCLUSIONES	46
5.1.1.	Factor A (variedades)	46
5.1.2.	Factor B (estados de madurez)	46
5.1.3.	Determinación del rendimiento mediante balance de material	46
5.1.4.	Optimización del proceso de obtención de etanol	46
5.2.	RECOMENDACIÓN.....	47
5.2.1.	Factor A (variedades de banano).....	47
5.2.2.	Factor B (estado de madurez).....	47

5.2.3.	Determinación del rendimiento mediante balance de material	47
5.2.4.	Optimización del proceso de obtención de etanol	47
CAPÍTULO VI		48
BIBLIOGRAFÍA.....		48
CAPÍTULO VII.....		51
ANEXOS... ..		51

Índice de Tablas

Tabla: 1	Los factores de estudio que intervendrán en esta investigación.....	22
Tabla: 2	Combinación de los niveles del diseño experimental para la obtención de etanol	23
Tabla: 3	Materiales y equipos utilizados en la obtención de etanol	24
Tabla: 4	Interpretación de la varianza con relación al rendimiento del etanol obtenido.....	29
Tabla: 5	Interpretación de la varianza con relación a los grados Brix	30
Tabla: 6	Interpretación de varianza con relación al pH del etanol	30
Tabla: 7	Interpretación de varianza con relación a la acidez del etanol	31
Tabla: 8	Análisis de varianza con relación a los grados de licor del etanol.....	32

Índice de Figuras

Figura: 1	Flujograma del proceso de obtención de etanol.....	27
Figura: 2	Balance de materia.....	38

Índice de Gráficos

Gráfico N° 1.	Resultados de las medias de los niveles del factor A (Variedades)	32
Gráfico N° 2.	Resultados de las medias de los niveles del tratamiento B (Estado de madurez)	34
Gráfico N° 3.	Resultados de las medias de la interacción AxB (variedades x estados de madurez)	36
Gráfico N° 4.	Resultados del análisis de laboratorio realizado al etanol obtenido del banano.....	40

Índice de Anexos

ANEXO 1: Estudios económicos.....	52
ANEXO 2 :Fotografías de la fase experimental del proceso de obtención de etanol de <i>musa paradisiaca</i>	53
ANEXO 3: Cuadro de medias de tukey de los análisis de rendimiento en milímetros.....	55
ANEXO 4: Cuadro de medias de tukey de los análisis de grados brix.	56
ANEXO 5: Cuadro de medias de tukey de los análisis de pH	57
ANEXO 6: Cuadro de medias de tukey de los análisis de Acidez	58
ANEXO 7: Cuadro de medias de tukey de los análisis de Grados de licor.....	59
ANEXO 8: Análisis de laboratorio realizado al etanol obtenido del banano.....	60

Código Dublín

Título:	Optimización del proceso industrial de obtención de etanol a partir del banano (musa paradisiaca).
Autores:	Aroca Villamar Katherine Maribel Holguín Gorotiza Juan Carlos
Palabras claves:	Análisis físicos-químicos, variedades de banano, destilación, fermentación, diseño Experimental AxB, grados alcohólicos.
Fecha publicación:	
Editorial:	Quevedo UTEQ 2017
Resumen hasta 300 palabras	RESUMEN.- La presente investigación tiene como objetivo evaluar el rendimiento de etanol de diferentes variedades de banano (Musa paradisiaca) para sus respectivos usos industriales, es decir se investigan nuevas alternativas de obtención de alcohol etílico, que den pasó al aprovechamiento de los recursos disponibles. Se utilizó 12 Kg de banano (1 kg para cada tratamiento y repetición), en el proceso de obtención de etanol, se evaluó tres variedades y dos estados de madurez, además se cuantificó el rendimiento mediante un balance de materiales. Los análisis fisicoquímicos son: (rendimiento, pH, acidez, concentración de azúcar y grados alcohólicos) los cuales se los realizaron en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. El análisis sobre el porcentaje de metanol se realizó en Avilés & Vélez "AVVE" Laboratorios de análisis de alimentos S.A. de la ciudad de Guayaquil los cuales resultaron negativo, mismo que se puede utilizar a nivel la industria licorera apta para el consumo humano. Los resultados de las diferentes variables propuestas se tabularon mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS CENTURIÓN 16 y para la determinación de diferencias entre las medias de los niveles de tratamientos se aplicó la prueba de TUKEY ($p < 0.05$). En esta investigación se concluyó que se puede utilizar cualquier de las variedades y estados de madurez del fruto, ya que no reporto diferencia significativa entre ellas, con lo que se concluye que se obtuvieron resultados positivos, mediante prueba de cromatografía se estableció la ausencia de metanol. Palabras Claves: Análisis físicos-químicos, variedades de banano, fermentación, destilación, diseño Experimental AxB, grados alcohólicos. Abstract.- The present research aims to evaluate the ethanol yield of different varieties of banana (Musa paradisiaca) for their respective industrial uses, that is to say, they investigate new alternatives to obtain ethyl alcohol, which lead to the use of available resources. 12 kg of banana (1 kg for each treatment and repetition) were used in the ethanol production process, three varieties and two stages of maturity were evaluated, and the yield was quantified through a balance of materials. The physicochemical analyzes are: (yield, pH, acidity, sugar oncentration and alcoholic degrees) which were made in the Laboratory of Bromatology of the Technical University of Quevedo. The analysis on the methanol percentage was carried out in Avilés & Vélez "AVVE" Food analysis laboratories S.A. Of the city of Guayaquil which were negative, which can be used at the level of the liqueur industry suitable for human consumption. The results of the different proposed variables were tabulated using the STATGRAPHICS CENTURIÓN 16 statistical package and the TUKEY test ($p < 0.05$) was used to determine differences between the means of treatment levels. In this research it was concluded that any of the varieties and fruit maturity stages can be used, since it does not show a significant difference between them, which concludes that positive results were obtained, by chromatography test, the absence of methanol was established. Keywords: Physical-chemical analysis, banana varieties, fermentation, distillation, Experimental AxB design, alcoholic degrees.
Descripción:	78 Páginas
URI:	

Introducción

En Ecuador la producción del banano, se destina básicamente a la exportación, el promedio anual que se vende al exterior es del 80% del total de la producción. Es por eso que Ecuador es considerado el primer exportador y primer productor mundial de banano desde 1952. Un 3,50% se destina al consumo humano interno; otro 3,50% al consumo animal y el 3% para la industria. Por su composición química este rechazo sería una materia prima disponible para producir alcohol etílico ya que puede contribuir a preservar el medio ambiente y utilizar el alcohol obtenido en diversos usos industriales. [1]

El banano es una materia prima apta para la obtención de etanol. Presenta un alto contenido de carbohidratos (aproximadamente 20% de su peso) disponibles para procesos fermentativos encaminados a la producción de alcohol, característica favorable que converge con el hecho de que en el país se generan cada año aproximadamente 800 mil toneladas de banano de rechazo y material lignocelulósico derivado del proceso (vástago y pseudotallo). [2]

Actualmente una tercera parte de la fruta que no se exporta (rechazo) se destina al consumo interno, otra tercera parte se emplea como materia prima en la producción de fertilizantes orgánicos (compost) para el cultivo de la misma fruta, y una tercera parte continúa considerándose como residuo. Son precisamente estos últimos dos tercios del residuo los que potencialmente se podrían emplear en procesos de fermentación para producción alcohólica. Los usos del etanol en la industria son amplios, por lo que se investigan nuevas alternativas de obtención de alcohol etílico, que den pasó al aprovechamiento de los recursos disponibles. [2]

El etanol tiene diversas aplicaciones en las industrias en la actualidad, desde el alimentario hasta el médico, pasando por el de la creación de productos de belleza. El etanol podemos utilizarlo para la creación de bebidas alcohólicas, como recipiente en algunos medicamentos y se utiliza también para la elaboración de ambientadores y perfumes. Por otro lado se utiliza como anticongelante y desinfectante.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La principal preocupación en el país es el cambio de la matriz productiva, por ende la industria debería plantearse alternativas para diversificar la oferta de productos elaborados o semielaborados, mediante procesos que aún no forman parte del sector industrial. Dentro del campo productivo uno de los rubros más importantes en nuestra economía es el sector bananero, el mismo que suele deprimirse en épocas de sobreoferta, por la falta de alternativas de transformación, generando incluso un problema ambiental, al momento en que los productores dejan descomponer el rechazo y residuos de la cosecha a la intemperie. Es importante considerar que entre los potenciales que presenta el banano es la factibilidad de producir etanol.

El etanol tiene innumerables aplicaciones y está presente en bebidas alcohólicas y espirituosas como: vinos, aguardiente, vodka, ron, brandy, etc., En la industria se emplea en gran cantidad de procesos para disolución de la nitrocelulosa, disolvente de colorantes en las industrias alimenticias y textil; disolvente de: resinas; jabón, aceites, ceras, etc.; y oxidación en la fabricación de ácido acético, vinagre, acetaldehído.

Se utiliza como solvente, también se puede mezclar con la gasolina, para mejorar sus propiedades, se recomienda una mezcla en proporción del 10 al 25%, ya que se logra un índice de octano entre 70 y 75, mayor que el de la gasolina sin mezclar. Las mezclas de etanol – gasolina permiten aumentar la compresión en el motor, dan un funcionamiento más regular, su recalentamiento es menor y por tanto se puede utilizar a un mayor número de revoluciones. [3]

Diagnóstico

La gran producción de *Musa paradisiaca* (banano) en la zona central del Ecuador, provincia de Los Ríos, se ha desarrollado en base a la exportación, un bajo porcentaje de la producción queda en rechazo pero aun así esta cantidad es considerable, esta distribuye entre el mercado interno y la restante es desechado sin darle un aprovechamiento a esa

materia prima. En banano es una fruta que posee características químicas en las cuales se puede dar un aprovechamiento en la producción de alcohol, siendo una opción en el desarrollo de este tipo de productos. [4]

Pronóstico

Teniendo en cuenta las condiciones favorables en Quevedo, en cuanto a la alta producción de banano, clima y suelo que favorecen el desarrollo de sus cultivos, el interés de industrializar el fruto hasta la actualidad ha sido escaso, es por ello que la presente investigación podría lograr dar valor agregado a la cadena Agroindustrial del banano, a través de la obtención de etanol como una alternativa de industrialización que pueda ser aplicada en la industria. [4]

1.1.2. Formulación del problema

¿El desconocimiento de parámetros tecnológicos y características de Musa paradisiaca (banano) limitan la implementación de sistemas industriales para la obtención de etanol?

1.1.3. Sistematización del problema

Al considerar el estudio de Musa paradisiaca (banano) para aplicación industrial es importante tomar en cuenta, que existen diferencias entre las variedades de esta fruta ya que tanto su tamaño y estructura podrían generar diferencias en la producción industrial, otro aspecto a considerar es el estado de madurez, ya que los cambios fisiológicos de la fruta implica, transformación intrínseca del fruto debido a procesos bioquímicos.

Además es importante estudiar la optimización del proceso para rentabilizar la producción de etanol a partir de banano, lograr resultados aplicables a la realidad industrial del sector ya que en este tema existe poca información al respecto.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Estudiar la optimización del proceso industrial para la obtención de etanol a partir de distintas variedades de banano (*Musa paradisiaca*).

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar tres variedades de banano: Musa AA (Banano orito), Musa paradisiacal (maqueño blanco) y Musa acuminata Cavendish Subgroup (Cavendish Valery) en el proceso de obtención de etanol.
- Determinar la factibilidad de obtención de etanol considerando dos estados de madurez (pintón y maduro).
- Determinar rendimiento en el método obtención del etanol a partir de balance de materiales del banano.

1.2.3. Hipótesis

1.2.3.1. Nula

H_0 : Las variedades de banano no producen diferencia en el rendimiento de etanol .

H_0 : El estado de madurez de las variedades de banano no producen diferencia en el rendimiento de etanol.

H_0 : El método de obtencion en las variedades de banano no producen diferencia en el rendimiento de etanol .

1.2.3.2. Alternativa

H_a : Las variedades de banano producen diferencia en el rendimiento de etanol .

H_a : El estado de madurez de las variedades de banano producen diferencia en el rendimiento de etanol.

H_a : El método de obtencion en las variedades de banano producen diferencia en el rendimiento de etanol .

1.3. Justificación

El presente proyecto de investigación determinó la factibilidad de darle valor agregado a la cadena agroindustrial del banano, a través de la obtención de etanol como una alternativa de industrialización. Teniendo en cuenta las condiciones favorables del Ecuador, en cuanto a la alta producción de banano, clima y suelo que favorecen el desarrollo de sus cultivos, revisando archivos publicados de investigaciones locales se observa que estudios que permitan industrializar el fruto hasta la actualidad ha sido escaso.

Con la evaluación de tres variedades de banano: Musa AA (Banano orito), Musa paradisiacal (maqueño blanco) y Cavendish Valery (Musa acuminata Cavendish Subgroup) se logró determinar cuál tiene mejor actitud industrial en el proceso de obtención de etanol, debido a sus características, para esto se consideró dos estados de madurez (pintón y maduro), además se procurará optimizar el proceso mediante el balance de materiales de banano.

El principal beneficiario es el sector agrícola (pequeños y medianos productores), puesto que presentará un gran impacto económico debido a que los agricultores podrían vender todo su excedente de banano después de su cosecha a las industrias, sin tener que desperdiciar el banano que no está en condiciones de ser exportado, lo cual como efecto adyacente, permite contribuir a la conservación del ambiente.

Dos bananos pequeños proveen la fibra que provee una tajada de pan integral. Pero, a diferencia del pan, la fibra del banano es soluble. La fibra soluble que contienen las frutas y vegetales ayuda a bajar el colesterol. Estos aspectos aseguran el consumo mundial de esta fruta, y supone también la factibilidad de acceder al banano que no presenta características favorables para la exportación, a futuro, lo que sustenta el incursionar en la producción de etanol. El etanol es muy utilizado en la preparación de bebidas alcohólicas, en los sectores farmacéuticos e industriales, también se utiliza en la elaboración de perfumes y ambientadores. Se emplea como combustible industrial y doméstico.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1 Fermentación

Es la conversión de los azúcares en alcohol por la acción de microorganismos (levaduras) bajo condiciones controladas. Esta transformación se produce a través de una compleja secuencia de reacciones.

Para que la fermentación alcohólica pueda efectuarse es necesario que el mosto azucarado sea inoculado con levadura, que son los microorganismos responsables de la fermentación. La mezcla del mosto y la levadura dan inicio a la fermentación alcohólica. El proceso de fermentación termina cuando el valor de los grados Brix se repite durante dos horas seguidas. Es recomendable su inmediata destilación. [5]

2.1.2 °Brix

El contenido o cantidad de azúcares se controla mediante la determinación de los grados (°Brix). Esta variable es fundamental para conocer si el desdoblamiento de los azúcares en alcohol y gas carbónico se está produciendo, así como también, verificar si al final de la fermentación queda azúcar residual para fermentar y realizar los ajustes correspondientes. Las mediciones se realizan mediante el uso de un refractómetro. [6]

2.1.3 Destilación

Proceso que consiste en calentar un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasan a la fase de vapor y, a continuación, enfriar el vapor para recuperar dichos componentes en forma líquida por medio de la condensación. El objetivo principal de la destilación es separar una mezcla de varios componentes aprovechando sus distintas volatilidades, o bien separar los materiales volátiles de los no volátiles. En la evaporación y en el secado, normalmente el objetivo es obtener el componente menos volátil; el componente más volátil, casi siempre agua, se desecha. Sin embargo, la finalidad principal de la destilación es obtener el componente más volátil en forma pura. [7]

2.1.4 Etanol

El etanol es un alcohol que se puede consumir como bebida alcohólica, como antiséptico, como insumo químico, como combustible alternativo o de reemplazo a la gasolina entre otros usos. Se ubica dentro del grupo de los Biocombustibles y es el término con el cual se denomina a cualquier tipo de combustible que derive de la biomasa, de organismos recientemente vivos o de sus desechos metabólicos, tales como el estiércol de la vaca. La gran demanda de alcohol que se presenta actualmente ocasiona, como respuesta de la industria, una elevada producción con la subsecuente generación de residuos como la vinaza, a la cual es necesario prestarle la importancia que se merece, como potencial contaminante o fuente de subproductos si así se desea. El alcohol es un líquido incoloro y volátil que está presente en diversas bebidas fermentadas. Desde la antigüedad se obtenía el etanol por fermentación anaeróbica de una disolución con contenido en azúcares con levadura y posterior destilación. [8]

2.1.5. Producción bananera en el Ecuador

La actividad del banano en el Ecuador desde hace cincuenta años ha tenido y tiene un peso importante en el desarrollo del país, tanto desde el punto de vista económico como social. En lo económico por su participación en el PIB y en la generación de divisas y en lo social por las fuentes de empleo que genera y más aún por su peso importante en determinadas regiones de la costa ecuatoriana. El desarrollo de la actividad bananera ha estado muy vinculada a la iniciativa privada de los ecuatorianos que han invertido su capital tanto económico como humano a las actividades de producción y exportación de la fruta, y ha recibido la valiosa contribución de capitales internacional que ha permitido que el Ecuador sea el primer país exportador de banano en el mundo con aproximadamente un 30% de la oferta mundial, seguidos por Costa Rica, Honduras, Panamá, Colombia. [9]

Ecuador es considerado el primer exportador y cuarto productor de banano del mundo, debido a que produce aproximadamente 8'278.260,65 toneladas de musáceas cultivadas en 20 provincias del territorio continental. La principal variedad que se produce y exporta es Cavendish Valery y Williams; además el país tiene también una oferta exportable de otras musáceas frescas, como es el orito "baby banana". [1]

2.1.6. Planta de banano

El banano es una planta monocotiledónea, esto es, al germinar la semilla se produce en ella un solo cotiledón, el banano pertenece al orden de los ZINZIBERALES, familia Musácea y género Musa. La planta de banano está conformada por raíz, pseudotallo, raquis, hojas, racimo, e inflorescencia. La planta es herbácea perenne gigante, con rizoma corto y tallo aparente, que resulta de la unión de las vainas foliares, cónico y de 3,5-7,5 m de altura, terminado en una corona de hojas. [10]

Existen por lo general de siete a nueve hojas grandes y bien desarrolladas antes de que la inflorescencia y el tallo comiencen a crecer. El verdadero tallo es un rizoma grande, almidonoso, subterráneo, que está coronado con yemas; éstas se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado. A medida que cada chupón del rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudotallo. [10]

2.1.6.1 Fruto

El fruto tarda entre 80 y 180 días en desarrollarse por completo. En condiciones ideales fructifican todas las flores femeninas, adoptando una apariencia dactiliforme que lleva a que se denomine mano a las hileras en las que se disponen. Puede haber entre 5 y 20 manos por espiga, aunque normalmente se trunca la misma parcialmente para evitar el desarrollo de frutos imperfectos y evitar que el capullo terminal insuma las energías de la planta. El punto de corte se fija normalmente en la "falsa mano", una en la que aparecen frutos enanos. En total puede producir unos 300 a 400 frutos por espiga, pesando más de 50 kg. Por su contenido en látex farinosa y seca. Los triploides, como 'Cavendish', nunca producen semilla. [11]

2.1.6.2 Madurez del banano

La banana es un fruto climatérico, en el cual el etileno actúa como regulador de la maduración. Por ello, se puede utilizar etileno para iniciar y uniformar la maduración antes de la comercialización del producto. Este gas se aplica dos o tres veces, en una

concentración de 10 a 100 $\mu\text{L/L}$, en las salas de maduración a temperatura controlada entre 18 y 21 °C y humedad relativa de 90-95%. En Argentina, suele utilizarse acetileno un análogo del etileno que cumple la misma función y es más económico. El etileno mejora la dulzura y el aroma de los frutos, pero acelera el proceso de maduración. Otra posibilidad es aplicar carburo de calcio, un mineral que reacciona con la humedad relativa produciendo una reacción que libera etileno y calor, favoreciendo la rápida maduración del fruto. En el uso doméstico, el uso de bolsas cerradas de polietileno para suplir este proceso es usual. [12]

El banano verde posee un alto contenido de almidones, bajo contenido proteico y un alto contenido de taninos, por lo que no es una fuente nutricional adecuada para la alimentación animal. Los taninos son compuestos producidos por las plantas para protegerse de sus depredadores, que inducen en el animal una indigestión prolongada. Algunos de sus efectos son la disminución del consumo de alimentos y de la eficiencia digestiva, lo que repercute negativamente en el crecimiento y productividad del animal, por lo que son consideradas sustancias con efectos anti nutricionales. [3]

2.1.7 Variedades de banano

2.1.7.1. Cavendish Gigante o Grand Naine

El banano Cavendish es el de mayor consumo a nivel mundial. Es originario de Vietnam y China, y tiene entre 15 y 25 cm. La piel es verde cuando se vende en los mercados, y luego se vuelve amarilla cuando madura. En el proceso de maduración se producen los azúcares y los aromas características del banano. Se consume principalmente crudo, en ensaladas de fruta, compotas, así como en la producción de diferentes alimentos derivados. Es una variedad de las muchas que se utilizan como postre. [13]

2.1.7.2. Orito (Baby Banana)

El orito es una variante más pequeña del banano, de aproximadamente 12 cm y con un sabor más dulce. También se denomina en inglés "finger banana" o "lady finger" por sus dimensiones similares a un dedo. Cuando está maduro, tiene la piel amarilla y la pulpa casi

blanca, cremosa y de alta consistencia. Por sus dimensiones diminutas y el sabor dulce, el orito es el preferido de los niños. Siendo una importante fuente de carbohidratos, es un complemento ideal en el lunch ya que provee una fuente de energía adicional para los niños activos. Además de ser consumido crudo como postre, el orito puede ser preparado en diferentes formas, tal como horneado, sauté, asado a la parrilla o en ensaladas. En la temperatura ambiente, es preferible no refrigerarlo. Es importante no manipular mucho el orito, ya que es muy sensible y cambia rápidamente el color adquiriendo mancha café. Como la mayoría de las bananas, el orito es una excelente fuente de vitamina B6 (importante para la salud del corazón), vitamina C, fibra y potasio. [14]

2.1.7.3. Maqueño blanco

Maqueño blanco. Es un triploide (AAA), cuyo pseudotallo alcanza en muchas ocasiones alturas por encima de los 4 m el color del pseudotallo es de color morado así como también sus nervaduras, pero el color del racimo es color verde, lo que lo diferencia del Maqueño morado con el cual comparte similares características. Su uso está limitado a nivel local principalmente en la alimentación de animales, aunque su pariente más cercano el Maqueño morado se exporta en pequeñas cantidades. [15]

2.1.8. Propiedades Nutricionales del banano

Esta fruta tropical posee una excelente combinación de energía, minerales y vitaminas que la convierten en un alimento indispensable en cualquier dieta, incluidas las de diabetes y adelgazamiento. La banana constituye una de los alimentos más milagrosos que nos ofrece la naturaleza, riquísimo en nutrientes, especialmente potasio, vitamina B6 y ácido fólico. Personas a dieta suelen evitar esta fruta por el convencimiento de que engorda, pero con sólo 100 calorías es uno de los alimentos con más valor nutricional. También puede ayudar a sobrevenir o prevenir muchas enfermedades y condiciones, haciéndolo imprescindible en la dieta diaria. [7]

2.1.9. Rendimiento alcohólico

Existen varios métodos para determinar el porcentaje de alcohol, pero el que más se usa es el del alcoholímetro. De acuerdo a la cantidad de azúcar presente en la muestra, se obtiene la cantidad de alcohol. [6]

2.1.10. Concentración de Azúcar

Se emplea con frecuencia una concentración media del 12% de azúcar. Si el mosto es demasiado concentrado, el alcohol que se produce puede inhibir la acción de la levadura, lo que tiene como consecuencia que se prolongue el tiempo de fermentación y que parte del azúcar no sea utilizada. [6]

2.1.11. Obtención de alcohol etílico

Para obtener alcohol etílico es necesario destilar un mosto. La destilación es un proceso que consiste en calentar un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasan a la fase de vapor y, a continuación, enfriar el vapor para recuperar dichos componentes en forma líquida por medio de la condensación. [7]

2.1.12. Levadura

La levadura es la fuente principal para empezar la incubación, multiplicación de las células encargadas de transformar todo el azúcar contenido en la melaza en alcohol dentro del proceso de fermentación. [16]

La *Saccharomyces cerevisiae* es la levadura más conocida y de importancia industrial ya que es la especie de levadura utilizada por excelencia para la obtención de etanol a nivel industrial debido a que es un organismo de fácil manipulación y de recuperación, no es

exigente en cuanto a su cultivo, no presenta alto costo, tolera altas concentraciones de etanol, en la fermentación produce bajas concentraciones de subproductos, es osmotolerante, capaz de utilizar altas concentraciones de azúcares, presenta alta viabilidad celular para el reciclaje y características de floculación y sedimentación para el procesamiento posterior. [17]

2.1.13. Ácido cítrico

El ácido cítrico es un ácido orgánico tricarboxílico que está presente en la mayoría de las frutas, sobre todo en cítricos como el limón y la naranja. Su fórmula molecular es $C_6H_8O_7$. En el aire se encuentra en forma de partículas, las cuales son eliminadas de la atmósfera por precipitación húmeda y seca. En el suelo se presenta principalmente a forma de anión y presenta una movilidad muy elevada. Puede ser biodegradado fácilmente en suelo y agua. Al ser un componente del metabolismo de los carbohidratos en los seres vivos, se presenta de forma natural en los tejidos y fluidos de plantas y animales, así como en el suelo. En bioquímica aparece como un metabolito intermediario en el ciclo de los ácidos tricarboxílicos, proceso realizado por la mayoría de los seres vivos. [18]

2.1.14. Usos del etanol

El etanol para uso industrial se suele sintetizar mediante hidratación catalítica del etileno con ácido sulfúrico como catalizador. El etileno suele provenir del etano (un componente del gas natural) o de nafta (un derivado del petróleo). Tras la síntesis se obtiene una mezcla de etanol y agua que posteriormente hay que purificar. El etanol tiene muchos usos en la industria, pero los principales usos y los más conocidos actualmente son los del etanol como combustible de los vehículos automotores y como ingrediente para las bebidas alcohólicas. Además se usa también en el sector farmacéutico como excipiente de algunos medicamentos y cosméticos (es el caso del alcohol antiséptico 70° GL y en la elaboración de ambientadores y perfumes). [19]

2.1.15. Tipos de destilación

2.1.15.1. Destilación fraccionada

La destilación fraccionada es un proceso físico utilizado en química para separar mezclas (generalmente homogéneas) de líquidos mediante el calor, y con un amplio intercambio calórico y másico entre vapores y líquidos. Se emplea principalmente cuando es necesario separar compuestos de sustancias con puntos de ebullición distintos pero cercanos. [20]

2.1.15.2. Destilación por vapor

Si dos líquidos insolubles se calientan, ninguno de los dos es afectado por la presencia del otro y se evaporan en un grado determinado solamente por su propia volatilidad. Por lo tanto, dicha mezcla siempre hierve a una temperatura menor que la de cada componente por separado. Este principio puede aplicarse a sustancias que podrían verse perjudicadas por el exceso de calor si fueran destiladas en la forma habitual. [20]

2.1.15.3. Destilación al vacío

Otro método para destilar sustancias a temperaturas por debajo de su punto normal de ebullición es evacuar parcialmente el alambique. Este método es tan efectivo como la destilación por vapor, pero más caro. Cuanto mayor es el grado de vacío, menor es la temperatura de destilación. Si la destilación se efectúa en un vacío prácticamente perfecto, el proceso se llama destilación molecular. [7]

2.2. Marco referencial

En la investigación realizada por Zapata Ana María y Peláez Carlos, con el objetivo de evaluar la Producción en continuo de etanol a partir de banano de rechazo (cáscara y pulpa) empleando células inmovilizadas en el año 2010, habla sobre el estudio de la producción en continuo de etanol a partir de banano de rechazo utilizando células inmovilizadas en alginato de sodio. Se compararon las fermentaciones en batch con células

libres e inmovilizadas (*Saccharomyces cerevisiae*), utilizando medio estándar de fermentación y mosto de banano como sustrato. Las fermentaciones con mosto de banano presentaron un incremento del 31% en la producción de etanol durante las primeras 14 horas de fermentación, pasando de producir 33.78g/L de alcohol con células libres a 44.18g/L con células inmovilizadas. [21] Se toma como referencia esta investigación por el rendimiento en la producción de etanol de banano.

De acuerdo a la investigación realizada por José Antonio Barcia Posligua con el objetivo de evaluar la obtención de etanol a partir de *artocarpus heterophyllus* lam. (Jackfruit) considerando diferentes estados fisiológicos de la fruta en el año 2015, habla la obtención de Etanol a partir de *Artocarpus heterophyllus* lam. (Jackfruit) considerando diferentes estados fisiológicos de la fruta, el cual tuvo como tamaño de las muestras tres mil gramos de pulpa Jackfruit madura y semi-madura con la adición de los sustratos. La fermentación duro diez días a temperatura ambiente. Una vez culminada la fermentación se procedió a la filtración y destilación. Dando como resultado: grados Brix (6,8), pH (3,7), grados alcohólicos (52,12), y rendimiento en (11,0%). [22] Se toma como referencia esta investigación por la toma de grados Brix realizados en la obtención de etanol.

En la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal publicada en el vol. 14 y realizada por Iván Leal Granadillo, Giuseppe Tarantino Rodríguez, Rómulo Hernández Motzezak y Héctor Morán Guillén, con el objetivo de evaluar de Efecto de la temperatura y el pH en la fermentación del mosto de Agave cocui [23] en el año 2014, en la ciudad de Coro, estado Falcón, Venezuela, habla sobre la investigación del estudio del efecto de la temperatura y el pH sobre el proceso de la fermentación mediante el consumo de azúcares y la producción de etanol. En la cual Se estudiaron procesos de fermentación controlando temperaturas, manteniendo el pH constante. En la cual se evaluó el proceso fermentativo a pH 3, 4 y 5, manteniendo la temperatura constante. Los resultados encontrados indican que la temperatura y el pH óptimo de fermentación los cuales fueron de 33°C y 4, respectivamente. En estas condiciones se obtuvo una concentración de etanol de 7,42% después de 52,5 horas de fermentación lo que corresponde a una productividad de etanol de 1,14 g/L.h, y un porcentaje de rendimiento de 81,5%.

En la norma NTE INEN 375 publicada en el año 2015 por las Normas Técnicas Ecuatoriana del Instituto ecuatoriano de Normalización, que tiene como objetivo establecer los requisitos para el alcohol etílico rectificado a utilizarse en la elaboración de bebidas alcohólicas, aquí mencionan los parámetros para la elaboración de alcohol etílico (etanol) la cual se obtiene mediante la destilación y la rectificación de mostos fermentados o de sustancias amiláceas o azucaradas; como también de la rectificación de aguardientes o de destilados alcohólicos simples. [24] Se toma como referencia ésta norma por los valores permitidos de acidez para la elaboración de etanol, el cual tiene como valor máximo 3 mg/100cm³.

La norma NTE INEN 1837 publicada en el año 2015 por las Normas Técnicas Ecuatoriana del Instituto ecuatoriano de Normalización, que tiene como objetivo establecer los requisitos para los licores considerados apto para el consumo humano en la cual trata sobre los parámetros para la elaboración de bebidas alcohólicas obtenidas por la mezcla de aguardientes, alcohol etílico rectificado (neutro o extraneutro) o bebidas alcohólicas destiladas o sus mezclas con sustancias de origen vegetal o animal o con sus extractos obtenidos por infusiones, percolaciones, maceraciones; o por la destilación de los citados productos con sustancias aromatizantes; la cual puede o no ser edulcorada y adicionada o no aditivos alimentarios. [25] Se toma como referencia ésta norma por los valores permitidos de grados de licor para la elaboración de etanol, el cual tiene como valor máximo 50° y como valor mínimo 15°.

En la norma NTE INEN-ISO 1388-8 publicada en el año 2015 por las Normas Técnicas Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización, que tiene como objeto especificar un método colorimétrico visual para la determinación del contenido de metanol de etanol para uso industrial, la conversión del metanol presente en una porción de ensayo a formaldehído mediante oxidación con una solución de permanganato de potasio en ácido fosfórico. La reacción del formaldehído formado con ácido cromotrópico. [26] Se toma como referencia ésta norma por los valores permitidos de contenido de metanol que tiene un rango de 0,10 y 1,50 %.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

En el presente proyecto de investigación se lo realizo en Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el km 1 ½ vía Quevedo-Santo Domingo, perteneciente al cantón Quevedo, provincia de Los Ríos.

Ubicación Geográfica

Altitud: 74 msnm

Longitud: -79.4833

Latitud: -1.01667

T° media: 27° C

Fuente: IGM (Instituto Geográfico Militar).

3.2. Tipo de investigación

Para la elaboración del proyecto de investigación titulado “optimización del proceso industrial de obtención de etanol a partir de banano (*Musa paradisiaca*) se utilizó:

3.2.1 Investigación Descriptiva

La cual se aplicó para describir la problemática concerniente a la obtención de etanol durante la realización de la práctica del experimento.

3.2.2 Investigación Bibliográfica

Necesaría en la utilización de teorías, normativas y reglamentaciones sobre el tema en investigación que se obtuvieron de libros, revistas, páginas de internet con información de la problemática a solucionar.

3.2.3 Investigación Experimental

Se utilizaron los conocimientos adquiridos para realizar la práctica del proceso de obtención de etanol y comprobar los resultados obtenidos de otras investigaciones sobre el tema propuesto.

3.3. Métodos de Investigación

3.3.1. Método Deductivo

Este método permitió el análisis de la información de lo general a lo particular, de esta forma se pueden conocer las limitaciones en cuanto al conocimiento del proceso sobre los métodos de obtención de etanol.

3.3.2 Método Inductivo

Conjuntamente con el método anterior, se utilizó en las descripciones de los resultados de observaciones o experiencias de los acontecimientos ocurridos en el proceso de la investigación.

3.3.3 Método Analítico

Este método se utilizó en el análisis de los datos obtenidos en el programa estadístico STATGRAPHICS CENTURION 16, de acuerdo a lo establecido en la investigación.

3.4. Fuentes de Recopilación de Información

Para realizar ésta investigación se utilizó como fuente primaria la información obtenida a través de la recolección de datos obtenidos en la investigación, para obtener conceptos e información técnica se utilizaron libros, fuentes de internet, revistas científicas, etc., como fuentes secundarias.

3.5. Diseño de la investigación

En el presente proyecto se aplicó un arreglo factorial A*B con 3 niveles en A= (Musa AA, Musa paradisíaca, Musa acuminata Cavendish Subgroup y dos niveles en B= (pintón y maduro) con dos repeticiones, dando como resultado un total de 12 tratamientos. Para evaluar los efectos entre niveles y tratamientos se utilizará la prueba de Tukey.

3.6. Factores de estudios

Descripción Factores de Estudio para la determinación del rendimiento de etanol a partir del banano (musa paradisíaca), a nivel experimental para su aplicación en investigación científica de acuerdo a la tabla N° 1.

Tabla: 1 Los factores de estudio que intervendrán en esta investigación		
FACTORES DE ESTUDIO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
Factor A: Variedad	a ₀	Musa AA
	a ₁	Musa acuminata
	a ₂	Musa acuminata Cavendish Subgroup
Factor B : Estado de madurez	b ₀	Pintón
	b ₁	Maduro

Elaborado por: Aroca. K. - Holguín. J. (2017)

3.7. Variables de estudio

- Rendimiento
- pH
- Acidez
- Grados Brix
- Grados alcohólicos
- % de metanol

3.8. Recursos Humanos y materiales

3.8.1. Recursos Humanos

Para la realización de esta investigación intervinieron 2 Investigadores

3.8.2. Materiales

- Libros
- Revistas científicas
- Internet

3.9. Tratamientos de datos

A continuación se observa la combinación de los tratamientos de la tabla N° 2.

Tabla: 2 Combinación de los niveles del diseño experimental para la obtención de etanol

Nº	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
1	a ₀ b ₀	Musa AA + Pintón
2	a ₀ b ₁	Musa AA + Maduro
3	a ₁ b ₀	Musa paradisiacal + Pintón
4	a ₁ b ₁	Musa paradisiacal + Maduro
5	a ₂ b ₀	Musa acuminata Cavendish Subgroup + Pintón
6	a ₂ b ₁	Musa acuminata Cavendish Subgroup + Maduro

Elaborado por: Aroca. K. - Holguín. J. (2017)

3.10. Materiales

Los materiales y equipos que se utilizaron en la investigación se presentan en la tabla N° 3:

Tabla: 3 Materiales y equipos utilizados en la obtención de etanol

Materiales	Equipos	Reactivos
• Matraz Erlenmeyer • Serpentín refrigerante • Soporte universal • Mechero de alcohol. • Vasos de precipitación de 500 ml • Cuchillos • Probetas • Guantes	• Balanza Analítica • Licuadora • Termómetro • Refractómetro • Tirillas de pH • Alcoholímetro	• Banano (orito,maqueño,Caven dish) • Agua destilada • Ácido cítrico • Hidróxido de sodio • Fenolftaleína

Elaborado por: Aroca. - K. Holguín. J. (2017)

3.11 Manejo del experimento

En el presente trabajo de investigación, se evaluaron 3 variedades de banano (orito, maqueño, Cavendish), 2 estados de madurez, se determinó el rendimiento de etanol, se cuantificaron diferentes variables como: grados Brix, grados alcohólicos, acidez y pH. Se utilizaron un total de 12 kg de fruta: pintón y maduro, se dividieron en 12 unidades experimentales, 1 kg por cada una, cada prueba se procedió cuantificar el rendimiento, a tomar muestras para los análisis físicos químicos a fin de establecer diferencias.

El manejo del experimento consistió en: selección de la fruta, lavado con (hipoclorito al 5%) para eliminar las impureza presente en el banano, se pesó cada uno de los tratamientos, despulpado, licuado de la pulpa añadiéndole 3 litros de agua para cada tratamiento, midiendo los grados Brix con la ayuda del refractómetro, agregando azúcar morena hasta llegar a los 18° Brix, más 4 g de levadura, 1 g de ácido cítrico para evitar el

pardeamiento, inmediatamente se fermento a temperatura ambiente por 22 días. Una vez culminado el proceso de fermentación se midió: pH, acidez para esto se procedió a tomar 10 ml del líquido fermentado y se lo trasvaso en un matraz erlenmeyer más 50 ml de agua destilada, 5 gotas de fenolftaleína, y se procedió a titularlo con hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 Normal.

Se midieron los grados Brix, cuando este el valor dé en tres repeticiones con valores iguales, se procede a la destilación, manteniendo una temperatura constante de 65°C, al final del proceso de la destilación, se tomó una muestra de 70ml y se determinó los grados alcohólicos, finalmente sometió el producto a cromatografía de gases, para determinar el % de metanol.

Para el análisis de datos se recurrió a la aplicación de una ANOVA con arreglo factorial, A*B, mediante el programa StatGraphics y el como prueba de significación se aplicó Tukey con ($p > 0,05$). La materia prima fue recolectada desde la zona de Quevedo.

3.12. Descripción textual del proceso de obtención de etanol por el método de destilación

Para la obtención de etanol se realizó el siguiente proceso:

- 1. Selección de la materia prima:** Las tres variedades de banano se seleccionaron visualmente considerando su grado de madurez.
- 2. Lavado:** Las variedades de bananos fueron lavados con una solución de Hipoclorito al 5%.
- 3. Pesado:** Haciendo uso de una balanza gramera, se pesó 1 Kg de banano de cada variedad.
- 4. Pelado:** Se realizó manualmente, separando la pulpa de la cáscara.

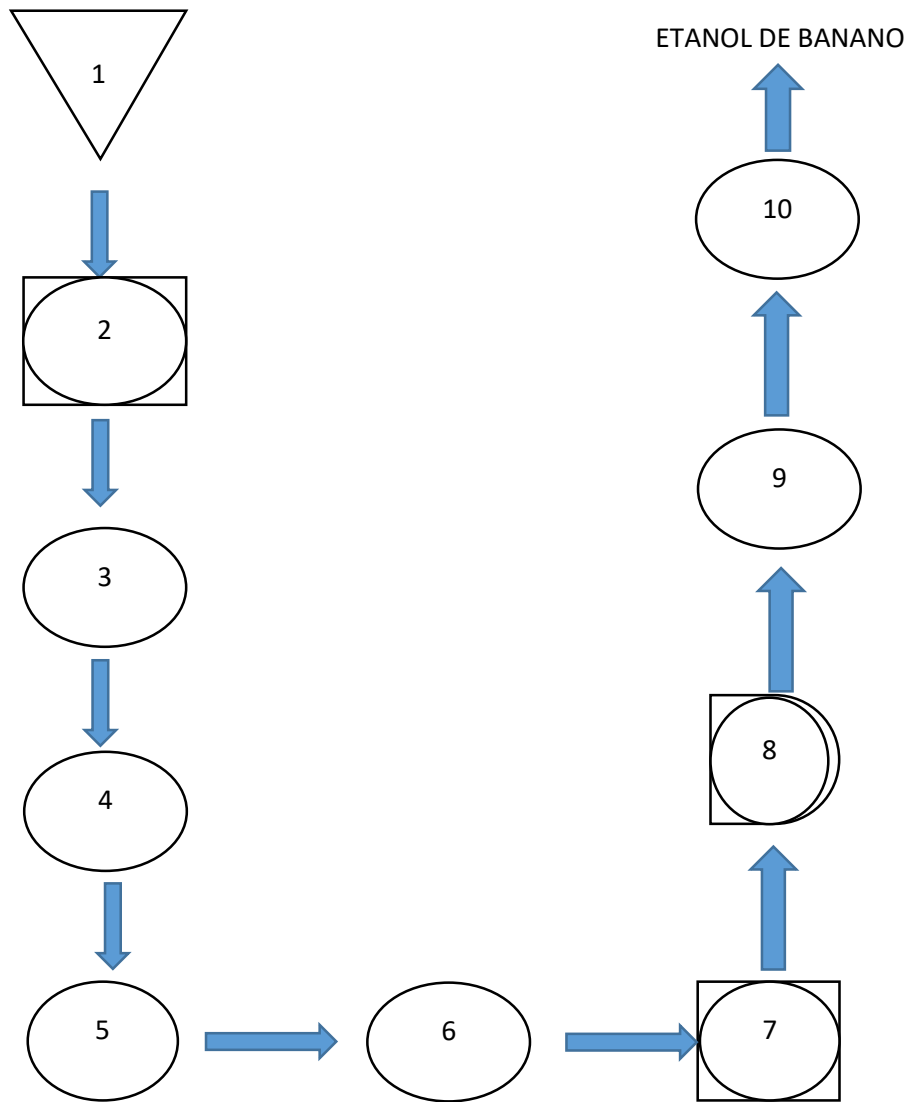
5. **Pesado:** Se pesó la pulpa y la cáscara para determinar el balance de materiales.
6. **Licuada:** Haciendo uso de una licuadora, se licuó una muestra con una relación 1:3, (1Kg de banano con 3 litros de agua) para que el mosto tenga una fermentación adecuada.
7. **Acondicionamiento de jarabe:** A la muestra se le midió los grados Brix, agregando azúcar morena hasta completar los 18°Brix, más 1 g de ácido cítrico, 4g de levadura activa seca.
8. **Fermentación:** Se lo realizó en envases plásticos con tapa (capacidad de 20 litros), se controló el flujo de CO₂ mediante trampa de H₂O, se realizaron tres lecturas constantes de grados Brix, en un tiempo aproximado de 15 días. El valor final de grados Brix fue de 6° para dar paso a la destilación.
9. **Separación:** Se filtró el mosto en lienzo, para obtener un líquido que facilite la posterior destilación.
10. **Destilación:** Se la realizó mediante una destilación simple, a temperatura constante de 60°C-65°C.

3.5. Flujograma del proceso de obtención de etanol

Se utilizó un diagrama de flujo para la evaluación del proceso de obtención de etanol de banano.

En la figura N° 1 se presenta el diagrama de flujo del proceso de obtención de etanol

Figura: 1 Flujograma del proceso de obtención de etanol



Elaborado por: Aroca. K. - Holguín. J. (2017)

Actividades realizadas en el proceso de obtención de banano.

- 1.- Recepción de materia prima
- 2.- Lavado
- 3.- Pesado
- 4.- Pelado
- 5.- Pesado
- 6.- Licuado
- 7.- Acondicionamiento de jarabe
- 8.- Fermentación
- 9.- Separación
- 10.- Destilación

SIMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
○	OPERACIÓN	Indica las principales fases del proceso. Agrega, modifica, montaje, etc.
□	INSPECCIÓN	Verifica la calidad y/o cantidad. En general no agrega valor.
➡	TRANSPORTE	Indica el movimiento de materiales. Traslado de un lugar a otro.
D	ESPERA	Indica demora entre dos operaciones o abandono momentáneo.
▽	ALMACENAMIENTO	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén.
◻	COMBINADA	Indica varias actividades simultáneas.

CAPÍTULO IV
RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1 Resultados con Respecto a los Análisis Físicos y Químicos

La tabla N°4 describe la interpretación de varianza con relación al rendimiento del etanol obtenido

Tabla: 4 Interpretación de la varianza con relación al rendimiento del etanol obtenido

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZON F	VALOR P
EFECTOS PRINCIPALES					
A-FACTOR A	45,50	2	22,75	0,63	0,5699
B-FACTOR B	6,75	1	6,75	0,19	0,6834
C-REPETICIONES	0,08	1	0,08	2,3E-03	0,9635
INTERACCIONES					
AB	45,50	2	22,75	0,63	0,5699
RESIDUOS	180,42	5	36,08		
TOTAL (CORREGIDO)	278,25	11			

Elaborado por: Aroca. K. - Holguín. J. (2017)

Interpretación: En la tabla 4, muestra resultados del ANOVA en cuanto a rendimiento en milímetros de etanol de banano, se observó que en el Factor A (variedades), factor B (estados de madurez), interacción y las repeticiones no presenta diferencia significativa.

En la tabla N° 5 se describe el análisis de varianza con relación a los grados Brix.

Tabla: 5 Interpretación de la varianza con relación a los grados Brix

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN F	VALOR P
EFECTOS PRINCIPALES					
A-FACTOR A	0,51	2	0,25	3,04	0,1368
B-FACTOR B	1,76	1	1,76	21,16	0,0058
C-REPETICIONES	1,61	1	1,61	19,36	0,0070
INTERACCIONES					
AB	0,19	2	0,09	1,12	0,3963
RESIDUOS	0,42	5	0,08		
TOTAL (CORREGIDO)	4.49	11			

Elaborado por: Aroca. K. - Holguín. J. (2017)

Interpretación.- En la tabla 5, muestra resultados del ANOVA en cuanto a los grados Brix obtenidos, se observó que en el Factor A (variedades), e interacción AB no presentan diferencia significativa, mientras que el factor B (estados de madurez), y las repeticiones presentan diferencia altamente significativa. Por lo expuesto es recomendable realizar una prueba de significación para determinar la diferencia de medias de los niveles del factor B.

En la tabla n° 6 se observa la interpretación de varianza con relación al pH del etanol.

Tabla: 6 Interpretación de varianza con relación al pH del etanol

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZON F	VALOR P
EFECTOS PRINCIPALES					
A-FACTOR A	0,28	2	0,14	0,49	0,6409
B-FACTOR B	0,10	1	0,10	0,35	0,5781
C-REPETICIONES	0,30	1	0,30	1,05	0,3533
INTERACCIONES					
AB	0,16	2	0,08	0,27	0,7729
RESIDUOS	1,45	5	0,29		
TOTAL (CORREGIDO)	2,30	11			

Elaborado por: Aroca. K. - Holguín. J. (2017)

Interpretación.- En la tabla 6, muestra resultados del ANOVA en cuanto al pH del etanol de banano, se observó que en el Factor A (variedades), factor B (estados de madurez), interacción AB y las repeticiones no presentan diferencia significativa.

La tabla N° 7 describe la interpretación de varianza con relación a la acidez del etanol

Tabla: 7 Interpretación de varianza con relación a la acidez del etanol

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZON F	VALOR P
EFECTOS PRINCIPALES					
A-FACTOR A	4,54	2	2,27	1,10	0,4020
B-FACTOR B	27,91	1	27,91	13,51	0,0144
C-REPETICIONES	2,71	1	2,71	1,31	0,3041
INTERACCIONES					
AB	1,15	2	0,57	0,28	0,7689
RESIDUOS	10,33	5	2,07		
TOTAL (CORREGIDO)	2,30	11			

Elaborado por: Aroca. K. - Holguín. J. (2017)

Interpretación.- En la tabla 7, se observó que tanto en el Factor A (variedades), como en las repeticiones e interacción AxB no muestran diferencia significativa mientras que en el Factor B (estados de madurez) si presento diferencia significativa. Por lo tanto es recomendable realizar una prueba de significación para determinar diferencia entre las medias del factor B.

En la tabla N° 8 se detalla la interpretación de varianza con relación a los grados de licor del etanol.

Tabla: 8 Análisis de varianza con relación a los grados de licor del etanol

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZON F	VALOR P
EFECTOS PRINCIPALES					
A-FACTOR A	15,17	2	7,58	2,06	0,2227
B-FACTOR B	14,08	1	14,08	3,82	0,1079
C-REPETICIONES	14,08	1	14,08	3,82	0,1079
INTERACCIONES					
AB	35,17	2	17,58	4,77	0,0693
RESIDUOS	18,42	5	3,68		
TOTAL (CORREGIDO)	96,92	11			

Elaborado por: Aroca. K. - Holguín. J. (2017)

Interpretación.- En la tabla 8, se observó que tanto en el Factor A (variedades), como el Factor B (estados de madurez), y las repeticiones e interacción AxB no muestran diferencia significativa.

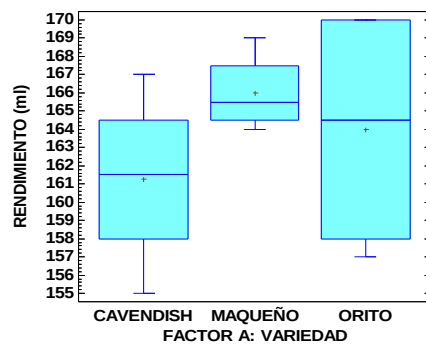
4.1.2. Resultados del análisis de los valores obtenidos en los niveles del Factor A (Variedades de banano), aplicando la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

En el gráfico N° 1 se representa los resultados de medias de los niveles del factor A.

Gráfico N° 1. Resultados de las medias de los niveles del factor A (Variedades) en las que se analizó: (a_0) orito, (a_1) maqueño y (a_3) Cavendish. El recuadro a.- hace referencia al Rendimiento, b. Grados Brix, c. pH, d. Acidez, y el e. Grados de licor

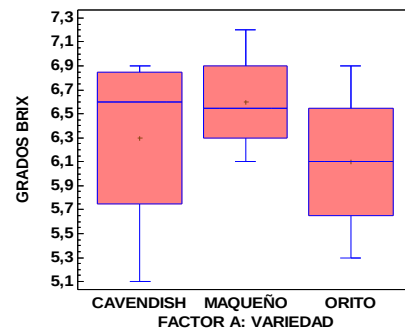
a. Rendimiento

Gráfico Caja y Bigotes



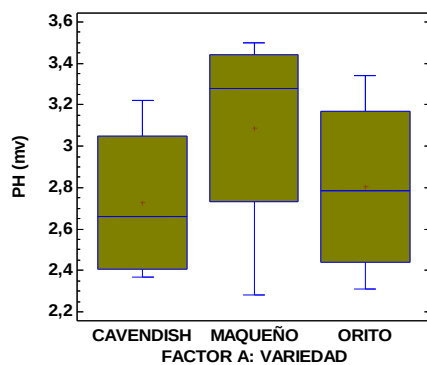
b. Grados Brix

Gráfico Caja y Bigotes



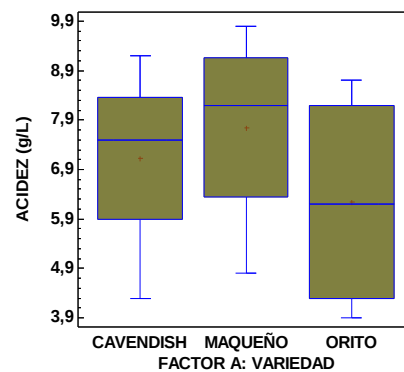
c. PH

Gráfico Caja y Bigotes



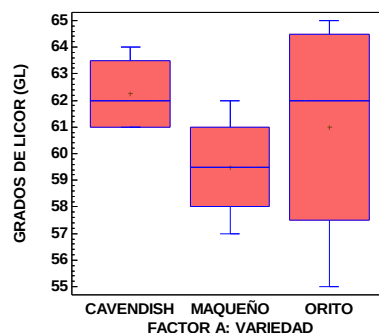
d. Acidez

Gráfico Caja y Bigotes



e. Grados de licor

Gráfico Caja y Bigotes

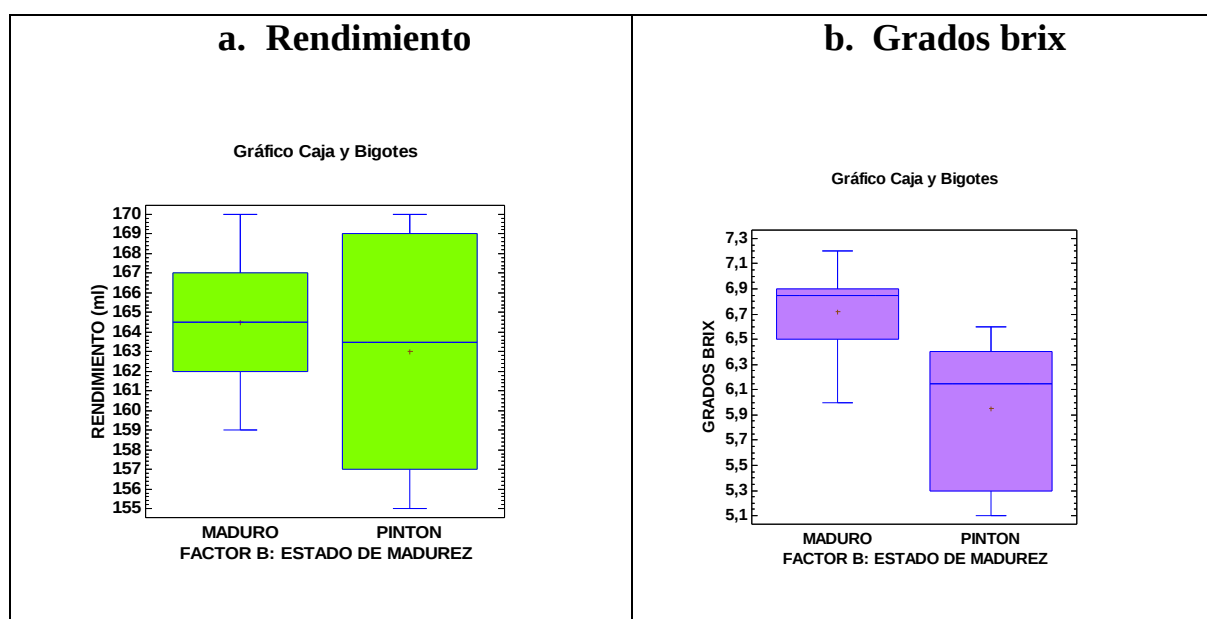


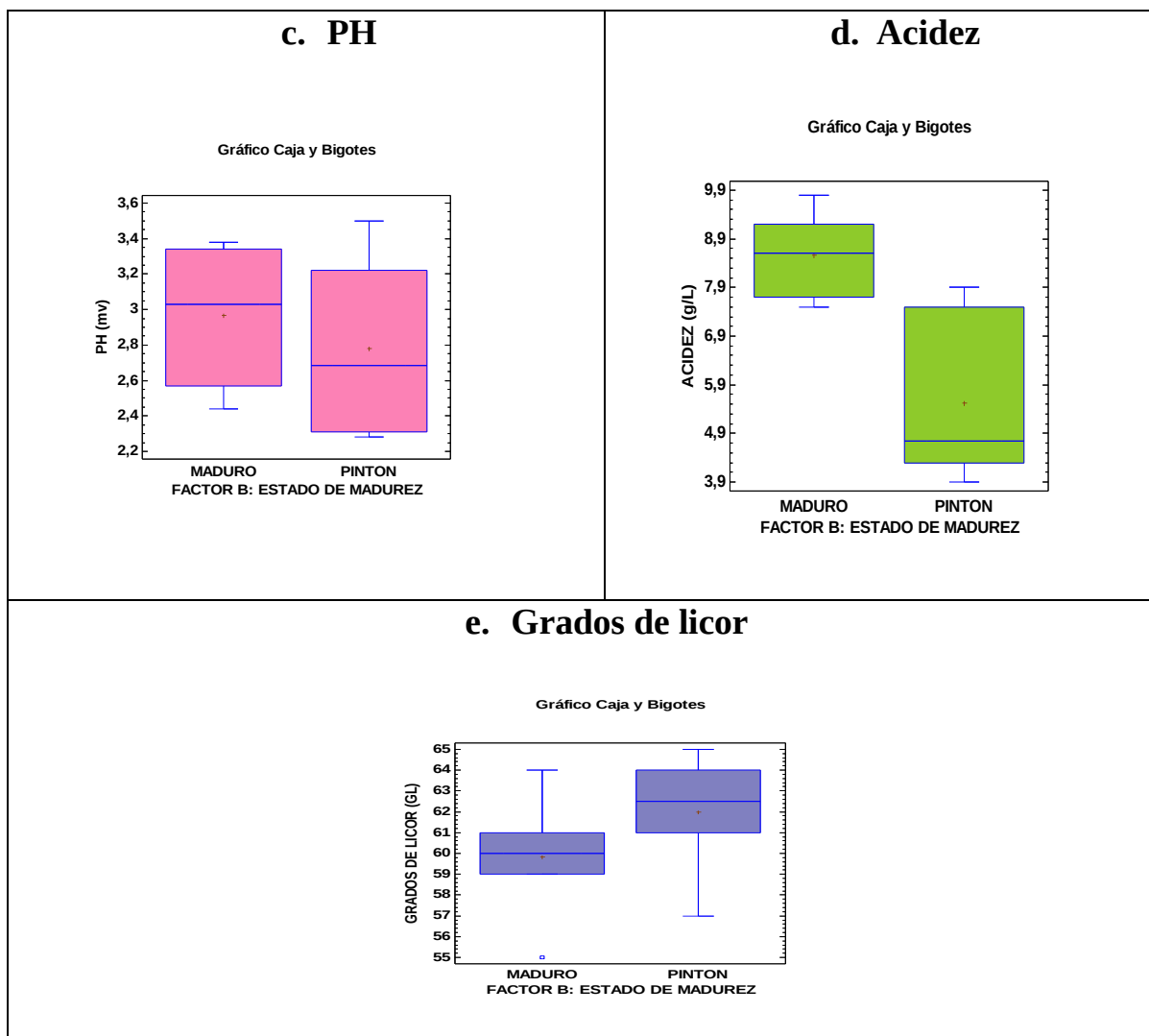
Interpretación.- La grafica 1. Indica los valores de los niveles del factor A, si observamos el gráfico **a.** podemos notar que no existió diferencia significativa en las medias de los niveles estudiados con respecto a rendimiento entre las diferentes variedades. Si observamos el gráfico **b.** en el que consta la representación gráfica de los valores de grados Brix podemos notar que no existió diferencia significativa entre los resultados de las 3 variedades estudiadas. El gráfico **c.** muestra el pH obtenido y las variedades en estudio, en el gráfico de cajas no existió Diferencia significativa en los valores de pH, en el gráfico **d.** constan las representaciones de los valores de acidez, podemos notar que no existió diferencia significativa entre las variedades estudiadas, y por último en el gráfico **e.** donde consta los valores de grados de licor se observó que no presentó diferencia significativa entre las variedades.

4.1.3. Resultados del análisis de los valores obtenidos en los niveles del Factor B (estados de madurez), aplicando la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

El gráfico N° 2 constituye los resultados de las medias de los niveles del factor B.

Gráfico N° 2. Resultados de las medias de los niveles del tratamiento B (Estado de madurez) en las que se analizó: (b₀) Pintón y, (b₁) Maduro. El recuadro a.- hace referencia al Rendimiento, b. Grados Brix, c. pH, d. Acidez, y el e. Grados de licor





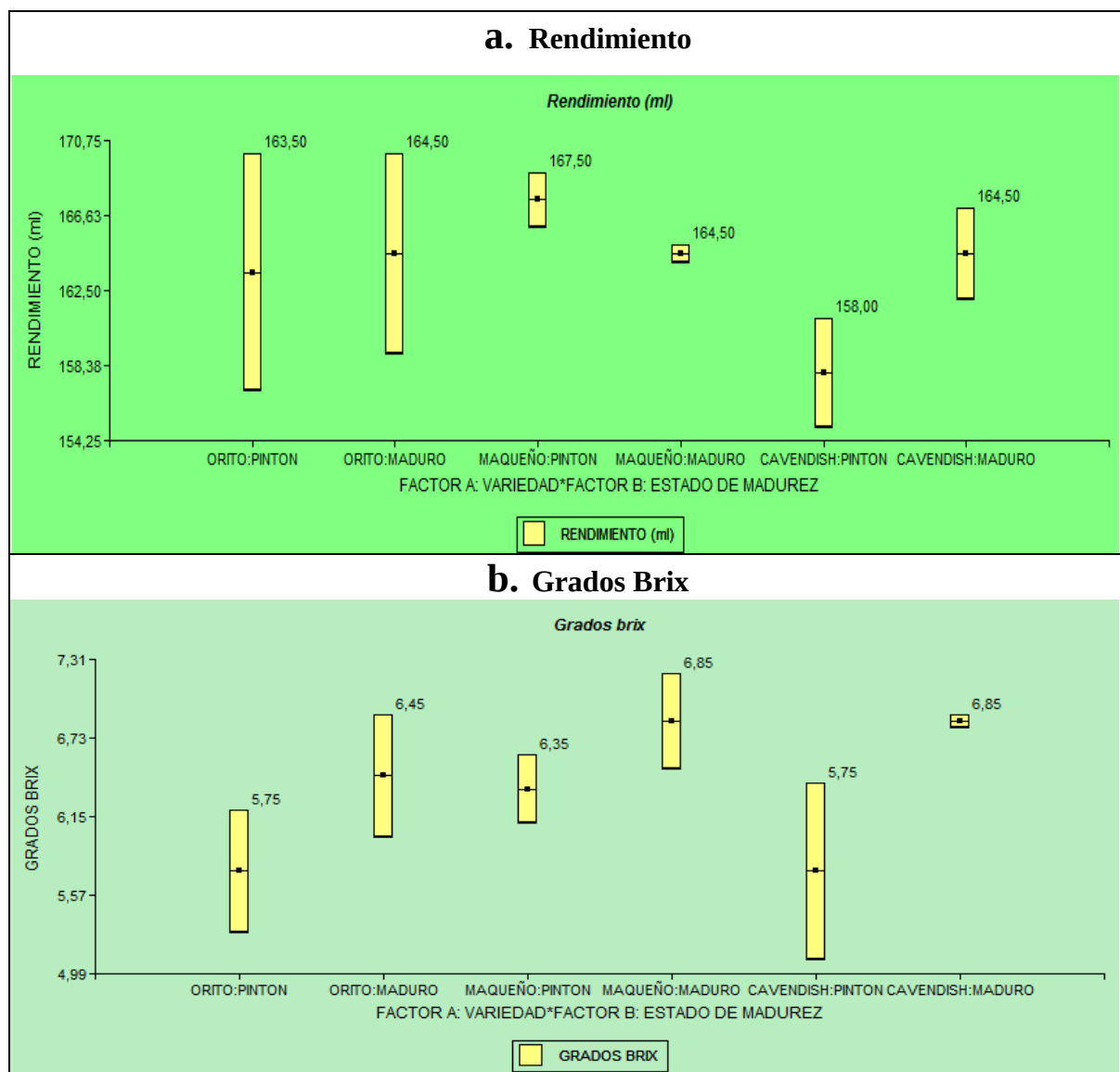
Elaborado por: Aroca. K. - Holguín. J. (2017)

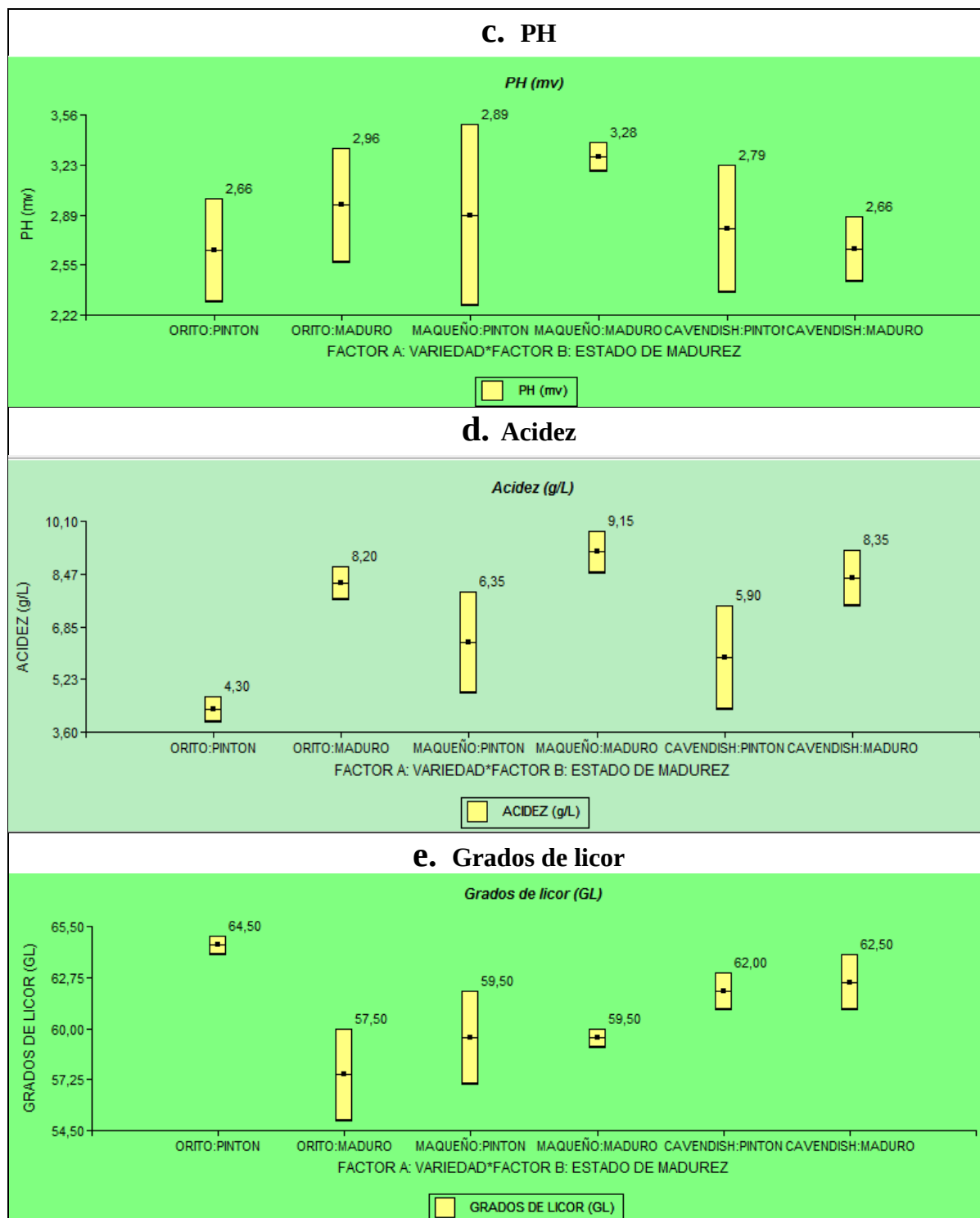
Interpretación.- La gráfica 2. Indica los valores de los niveles del factor B, si observamos el gráfico **a.** podemos notar que no existió diferencia significativa en las medias de los niveles estudiados con respecto a rendimiento entre las diferentes estados de madurez. Si observamos el gráfico **b.** en el que consta la representación gráfica de los valores de grados Brix podemos notar que si existió diferencia significativa entre los resultados de las 2 estados de madurez estudiados. El gráfico **c.** muestra el pH obtenido y los estados de madurez en estudio, en el gráfico de cajas no existió Diferencia significativa entre los valores de pH, en el gráfico **d.** constan las representaciones de los valores de acidez, podemos notar que si existió diferencia significativa entre los estados de madurez estudiados, y por último en el gráfico **e.** donde consta los valores de grados de licor se observó que no presentó diferencia significativa entre los estados de madurez.

4.1.4 Resultados de los tratamientos evaluados en la Interacción AxB (Variedades de banano + Estado de madurez), aplicando la prueba de tukey ($p < 0.05$)

En el gráfico N° 3 se refiere a los resultados de las medias de la interacción AxB (variedades x estados de madurez).

Gráfico N° 3. Resultados de las medias de la interacción AxB (variedades x estados de madurez) en las que se analizó: ($a_0; b_0$) orito: Pintón, ($a_0; b_1$) orito: Maduro, ($a_1; b_0$) maqueño; pintón, ($a_1; b_1$) maqueño; maduro, ($a_2; b_0$) cavendish; pintón, y ($a_2; b_1$) cavendish; maduro. El recuadro a.- hace referencia al Rendimiento, b. Grados Brix, c. pH, d. Acidez, y el e. Grados de licor





Elaborado por: Aroca. K. - Holguín. J. (2017)

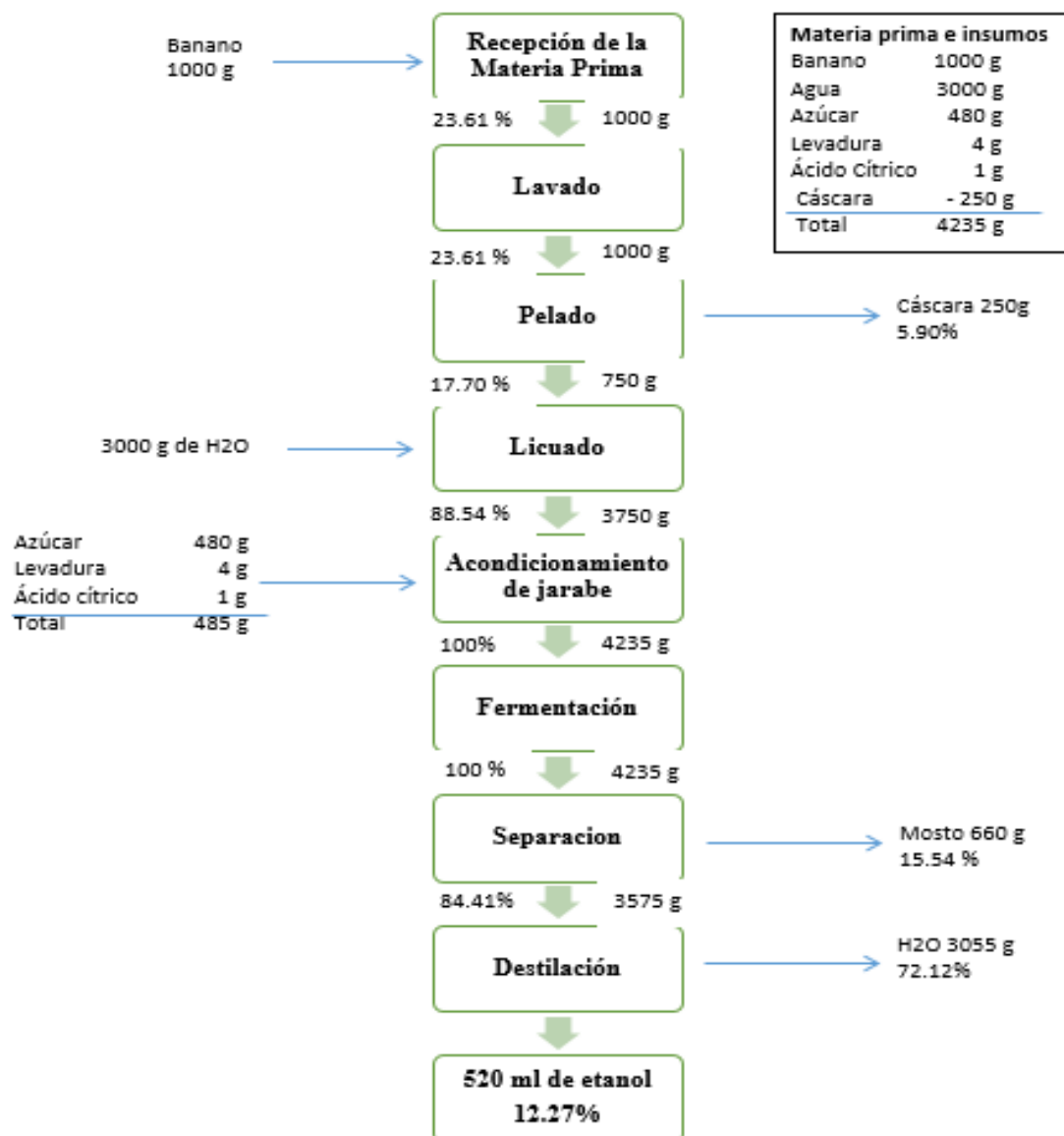
Interpretación.- La gráfica 3. Muestra los valores de TUKEY de los tratamientos estudiados (interacciones AxB) el gráfico **a.** muestra el rendimiento del etanol de banano, los valores obtenidos reportan que no hay diferencia significativa en las medias de los niveles estudiados. El gráfico **b.** muestra los grados Brix del etanol, en el mismo podemos notar que no existió diferencia significativa. El gráfico **c.** muestra el pH,

en el mismo podemos observar que no existió diferencia significativa. El gráfico **d.** muestra la acidez, los valores reportan que no existió diferencia significativa y con respecto a los grados de licor (gráfico **e.**) se observó que no existió Diferencia Significativa ($p < 0.05$).

4.1.5. Balance de materia para evaluar el rendimiento de etanol

La figura N° 2 presenta el balance de materiales para la evaluación del rendimiento del proceso

Figura: 2 Balance de materia



Elaborado por: Aroca, K. - Holguín, J. (2017)

$$R = \frac{PF}{PI} * 100\%$$

$$R = \frac{520 \text{ ml}}{4235 \text{ ml}} * 100\%$$

$$R = 12.27\%$$

Considerando 1 kg de banano, en el pelado se perdió 250 g. de la cáscara, obteniendo como resultado 750 g de pulpa, posteriormente en la preparación del proceso de fermentación se agregó 3 litros de agua, 480 g de azúcar, 4 g de levadura y 1 g de ácido cítrico y con lo cual se obtuvo 4235 ml de líquido acondicionado para el proceso de fermentación. En el proceso de separación del mosto con el líquido se perdió 660 g. con lo cual quedo 3575 ml de líquido fermentado.

En el proceso de destilación ingreso 3575 ml de líquido fermentado y se obtuvo 520 ml de etanol de banano, es decir se perdió 3055 ml en residuo, se consideró 520 ml de etanol como producto final esto sería un 12.27 %, de los 4235 ml de líquido de banano fermentado.

4.1.6 Análisis de laboratorio del % de metanol

El gráfico N° 4 muestra los resultados del análisis de laboratorio.

Gráfico N° 4. Resultados del análisis de laboratorio realizado al etanol obtenido del banano

LABORATORIOS ave
Garantizamos su confianza

INFORME DE ENSAYOS

Fecha de Informe:	12/05/2017	Orden:	3136	N° de Informe:	2579-17	Página:	1/1
-------------------	------------	--------	------	----------------	---------	---------	-----

INFORMACION DEL CLIENTE:							
Nombre: HOLGUIN GORGOTZA JUAN CARLOS							
Dirección: BUENA FE							
Teléfono: 0985321041 Fax: -- E. Mail: --							

DATOS DE LA MUESTRA:							
Tipo de Muestra: Bebidas Alcohólicas							
Nombre: ETANOL DE BANANO (VARIEDAD CAVENDISH)							
Descripción: Bebida fermentada							
Lote: --		Fecha de Elab. --		Fecha de Exp. --			
Contenido Declarado: --		Cantidad Recibida: 2 de 200 ml		Condición: Normales, envase de vidrio			
				Forma de conservación: Ambiente			
Fecha de Recepción: 09/05/2017		Cód. Laboratorio: BH-C-27-09-05-17		Muestreo: Realizado por el cliente			

RESULTADOS							
ANÁLISIS QUÍMICO							
Fecha de Análisis: 10/05/2017		Página R 3B-5.10:		17726			
Condiciones ambientales:		Temperatura: 22°C - 33°C		Humedad Relativa: 24% - 62%			
Parámetros	Unidad	Resultados	Requisitos	Método de Referencia			
Grado Alcohólico a 20°C/20°C	°GL	60	--	MMQ-191			
Metanol	--	Negativo	--	NTB INEN 0347			

OBSERVACIÓN

Se podrán realizar modificaciones a este documento, hasta 6 meses después de su emisión, las mismas que deberán ser respaldadas, por un requerimiento de las autoridades de salud o por un sustento técnico válido, de acuerdo al criterio del laboratorio.

Estos resultados corresponden exclusivamente a la muestra analizada.

La contra muestra se almacena en el laboratorio por 1 mes.

Prohibida su reproducción total o parcial, sin previa autorización de LABORATORIOS AVE S.A.

Las observaciones y opiniones no se encuentran dentro del Alcance de Acreditación

Los registros generados por el análisis de la(s) muestra(s) son mantenidos en los archivos del laboratorio por 5 años

Válido solo Informe Original


Dra. Margot Vélez de Avilés
Gerente Técnico & Calidad

Dirección Laboratorio Metró: Parque Industrial California 1, Calle Arq. Nemesio López Rivero, Edificio Comercial 3 Local 4 APT. T1 1a Vía a Dagua, PDR Mérida (934) 2103026, Teléfono Parque California 1-2103027 / 2103028 ext. 238 Cel: 0988770019
 Dirección Laboratorio de Microbiología: Parque Industrial California 2, Bodega D44 Km. 11 1a Vía a Dagua, Mérida (934) 2103065 ext. 101, Teléfono Parque California 2: 2103189 ext. 449
 Email: margot.aviles@laboratoriosave.com
 info@laboratoriosave.com
 contacto@laboratoriosave.com
 ventas@laboratoriosave.com
 www.laboratoriosave.com
 Laboratorios AVE

R02-5.10 Rev.01 06/03/15

Fuente: Laboratorios “Avilés y Vélez” (2017)

En la gráfica 4 se observa los resultados obtenidos de la muestra de etanol en la cual se midió el % de metanol presente en el licor la cual fue negativo.

4.2 Discusión

4.2.1. Factor A (Variedades)

Los valores obtenidos en el factor A en rendimiento, van desde a_2 (161,25ml); a_0 (164,0 g); a_1 (166,0) en la obtención de etanol a partir del banano de la investigación son inferiores

por los obtenidos Zapata Ana María y Peláez Carlos (2010). [21] En su investigación “Producción en continuo de etanol a partir de banano de rechazo (cáscara y pulpa) empleando células inmovilizadas” la cual obtuvo un rendimiento de 33.78g/L lo que representa un 31% de la producción.

Con relación a los grados Brix los valores alcanzados fueron de: a_0 (6.10); a_2 (6.3); a_1 (6.60); valores obtenidos de la toma de grados Brix en la obtención de etanol, son inferiores por los determinados para la destilación los cuales fueron 6,8 establecidos por José Barcia (2015). [22] En su investigación “Obtención de etanol a partir de *artocarpus heterophyllus* lam. (Jackfruit) considerando diferentes estados fisiológicos de la fruta”

De acuerdo al pH los valores que se lograron fueron de: a_2 (2.73); a_0 (2.81); a_1 (3.09); en la obtención de etanol de banano, son inferiores por los determinados por (I. Leal, 2015). [23] En su investigación “Efecto de la temperatura y el pH en la fermentación del mosto de agavecoci”, el cual tiene un pH de 4.

Los valores obtenidos en el factor A en acidez, van desde a_0 (6.25); a_2 (7.13); a_1 (7.75) en la obtención de etanol a partir del banano, son superiores por los determinados por la norma técnica ecuatoriana para bebidas alcohólicas. Alcohol etílico (NTE INEN 375, 2013). [24] El cual debe tener una acidez de 3.

Con relación a los grados de licor los valores obtenidos fueron de: a_1 (59.50°); a_0 (61.0°); a_2 (62.25°); valores obtenidos de la toma de grados de licor en la obtención de etanol, son superiores por los determinados por la norma técnica ecuatoriana para bebidas alcohólicas. Licores (NTE INEN 1837-1, 2013). [25] El cual debe tener 50° G.L.

4.2.2. Factor B (Estados de madurez)

Con respecto a rendimiento: b_0 163 ml, y b_1 (164.50 ml) en la obtención de etanol a partir del banano son inferiores por los obtenidos Zapata Ana María y Peláez Carlos (2010). [21] En su investigación “Producción en continuo de etanol a partir de banano de rechazo (cáscara y pulpa) empleando células inmovilizadas” la cual obtuvo un rendimiento de 33.78g/L lo que representa un 31% de la producción.

Con relación a los grados Brix los valores obtenidos fueron de 5,95 para b_0 es y 6.72 para b_1 los cuales son inferiores a los valores determinado para la destilación los fueron 6,8 establecidos por José Barcia (2015). [22] En su investigación “Obtención de etanol a partir de artocarpus heterophyllus lam. (Jackfruit) considerando diferentes estados fisiológicos de la fruta”

En los resultados de pH del factor B se obtuvieron de b_0 (2.78) hasta b_1 (2.97). Los cuales son representativos de la investigación realizada, son inferiores por los determinados por (I. Leal, 2015). [23] En su investigación “Efecto de la temperatura y el ph en la fermentación del mosto de agavecocui” el cual tiene un ph de 4.

Con respecto a la acidez: b_0 (5.52), y b_1 (8.57) en la obtención de etanol a partir del banano, son superiores por los determinados por la norma técnica ecuatoriana para bebidas alcohólicas. Alcohol etílico (NTE INEN 375, 2015). [24] El cual debe tener una acidez de 3.

Con relación a los grados de licor los valores obtenidos fueron de 59.83° para b_1 y 62.0° para b_0 los cuales dieron como resultado en esta investigación, son superiores por los determinados por la norma técnica ecuatoriana para bebidas alcohólicas. Licores (NTE INEN 1837-1, 2013). [25] El cual tiene 50° G.L.

4.2.3 Tratamientos estudiados (variedades de banano en diferentes estados de madurez)

Los resultado en la interacción en rendimiento se presentaron valores de 158.0 ml para a_2b_0 (cavendish, pintón); 163.50 ml para a_0b_0 (orito, pintón); para a_0b_1 (orito, maduro) 164.50 ml; a_2b_1 (cavendish, maduro) 164.50 ml; para a_1b_1 (maqueño, maduro) 164.50 ml; para a_1b_0 (maqueño, pintón) 167.50, valores obtenidos en la investigación son inferiores por los obtenidos Zapata Ana María y Peláez Carlos (2010). [21] En su investigación “Producción en continuo de etanol a partir de banano de rechazo (cáscara y pulpa) empleando células inmovilizadas” la cual obtuvo un rendimiento de 33.78g/L lo que representa un 31% de la producción.

Los valores de grados Brix que se reportaron fueron para: **a2b0** (cavendish, pintón) 5.75°; **a0b0** (orito, pintón) 5,75°; **a1b0** (maqueño, pintón) 6.35°; **a0b1** (orito, maduro) 6.45°; son inferiores mientras que **a1b1** (maqueño, maduro) 6.85°; **a2b1** (cavendish, maduro) 6.85°; son superiores por lo establecido en la destilación los cuales deben ser 6,8 establecidos por José Barcia (2015). [22] En su investigación “Obtención de etanol a partir de artocarpus heterophyllus lam. (Jackfruit) considerando diferentes estados fisiológicos de la fruta”.

En cuanto a los valores de pH se obtuvo para **a0b0** (orito, pintón) 2.66; **a2b1** (cavendish, maduro) 2.66; **a2b0** (cavendish, pintón) 2.80; **a1b0** (maqueño, pintón) 2.89; **a0b1** (orito, maduro) 2.96; **a1b1** (maqueño, maduro) 3.28; valores obtenidos en la investigación, son inferiores por los determinados por (I. Leal, 2015). [23] En su investigación “Efecto de la temperatura y el ph en la fermentación del mosto de agavecocui” el cual debe tener un ph de 4.

Los resultado en la interacción en acidez se presentaron valores de 4.30 para **a1b0** (orito, pintón); 5.90 para **a2b0** (cavendish, pintón); para **a1b0** (maqueño, pintón) 6.35; **a0b1** (orito, maduro) 8.20; para **a2b1** (cavendish, maduro) 8.35; para **a1b1** (maqueño, maduro) 9.15, valores obtenidos en la investigación, son superiores por los determinados por la norma técnica ecuatoriana para bebidas alcohólicas. Alcohol etílico (NTE INEN 375, 2015). [24] El cual debe tener una acidez de 3.

Los valores de grados de licor que se reportaron fueron para: **a0b1** (orito, maduro) 57.50°; **a1b0** (maqueño, pintón) 59.50°; **a1b1** (maqueño, maduro) 59.50°; **a2b0** (cavendish, pintón) 62°; **a2b1** (cavendish, maduro) 62.50; **a0b0** (orito, pintón) 64.50°; valores obtenidos en la investigación, son superiores por los determinados por la norma técnica ecuatoriana para bebidas alcohólicas. Licores (NTE INEN 1837-1, 2013). [25] El cual debe tener 50° G.L.

4.2.4. Determinación del rendimiento mediante balance de material

Se determinó que de un 1 kg de banano que podríamos referenciar como el 100% del material, se separó 250 g de cascara y el producto restante fue fermentado, se obtuvo como resultado 750g de pulpa, esto es el 75 % de la fruta utilizada como muestra y 520 ml de etanol de banano esto es el 12.27 %. Lo que implica que el rendimiento es el 12.27 % de

etanol obtenido de banano. Estos resultados en realidad no son óptimos en producción, pero en cuanto a investigación, permite tomar muestras para posteriores análisis, en lo que tiene que ver a producción, deberá llevarse nivel piloto para lograrla optimización del proceso a fin de conseguir una producción industrialmente rentable.

4.2.5 Análisis de laboratorio del % de metanol

De acuerdo a los resultados obtenidos del % de metanol el cual fue negativo y de acuerdo a la norma de % de metanol (NTE INEN-ISO 2951, 2015). [26] La cantidad presente se encuentra dentro del rango establecido por la norma que es de 0,10-1,50 %.

4.2.6. Tratamientos de hipótesis

4.2.6.1. Factor A (variedades)

En los niveles del factor A (variedades) con relación a las variables estudiadas (rendimiento, grados Brix, pH, acidez y grados de licor) no se encontró diferencia significativa y se acepta la hipótesis nula.

4.2.6.2. Factor B (estados de madurez)

De acuerdo a los niveles del factor B (estados de madurez) con relación a las variables estudiadas (rendimiento, pH y grados de licor) se acepta la hipótesis nula debido a que no se encontró diferencia significativa.

Considerando los resultados obtenidos de los valores de grados Brix y acidez se acepta la hipótesis alternativa ya que se encontró diferencia significativa entre los niveles del factor B.

4.2.6.3 Balance de materiales

Basado en el rendimiento de etanol mediante el balance de materiales se acepta la hipótesis alternativa ya que al realizar un balance equilibrado se obtiene un rendimiento óptimo.

CAPÍTULO V
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

5.1. CONCLUSIONES

5.1.1. Factor A (variedades)

En los niveles del factor A (variedades) con relación a las variables estudiadas (rendimiento, grados Brix, pH, acidez y grados de licor) se concluye que las variedades de banano empleadas en la investigación no influyeron en el proceso de obtención del etanol.

5.1.2. Factor B (estados de madurez)

De acuerdo a los niveles del factor B (estados de madurez) con los valores obtenidos de (rendimiento, pH, grados de licor) se concluye que para la obtención de etanol se puede utilizar cualquiera de los estados de madurez.

Con respecto a los grados Brix de acuerdo a los valores obtenidos se concluye que el mejor resultado se obtiene en el estado de madurez pintón con 5.95° Brix, se consideró el tratamiento con el valor bajos de grados Brix.

Considerando los resultados obtenidos de los valores de acidez se concluye que el mejor resultado se obtiene en el estado de madurez (maduro) con un valor de acidez de 5.52, considerando el tratamiento que más se acerca al valor establecido.

5.1.3. Determinación del rendimiento mediante balance de material

Se concluye que para obtener un rendimiento 12.27% se debe utilizar 1 kg de banano de cada variedad y estado de madurez.

5.1.4. Optimización del proceso de obtención de etanol

Se concluye que la variedad orito en estado maduro proporcionó la mayor cantidad de grados Brix lo que significa que se utilizaría menor cantidad de azúcar para la fermentación logrando así optimizar recursos económicos, la combinación que logró bajar los grados Brix después del proceso fermentativo fue la variedad Cavendish en estado

pintón, no se controló la temperatura logrando disminuir el tiempo de fermentación y así obtener una producción de etanol rentable, ya que este producto poco se oferta en el mercado y sería una alternativa de aprovechamiento de este recurso.

5.2. RECOMENDACIÓN

5.2.1. Factor A (variedades de banano)

De acuerdo a los resultados obtenidos en (rendimiento, grados Brix, pH, acidez y grados de licor) se sugiere utilizar cualquiera de las variedades estudiadas: orito, maqueño, cavendish ya que no afectan en el proceso de obtención de etanol.

5.2.2. Factor B (estado de madurez)

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en (rendimiento, pH y grados de licor es factible la utilización de cualquiera de los dos estados de madurez del banano ya que no influyen en el proceso de obtención de etanol. Mientras que para el valor de grados Brix y acidez es factible la utilización de banano en estado pintón.

5.2.3. Determinación del rendimiento mediante balance de material

Para la obtención de 520 ml de muestra de etanol, medida más utilizada a nivel de laboratorio se sugiere utilizar 1 kg de fruta de cada variedad y estado de madurez realizando la correcta distribución y balance de materiales para una producción óptima.

5.2.4. Optimización del proceso de obtención de etanol

Para una óptima producción de etanol se sugiere la utilización de la variedad orito en estado maduro ya que se obtuvo la mayor cantidad de grados Brix y por ende la menor utilización de azúcar logrando así optimizar recursos y tiempo en el proceso. Otra forma de optimizar sería la utilización de rechazo de banano, ya que este material se encuentra en perfecto estado para la obtención de etanol, para lograr producir más ganancias a un menor costo de producción.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. ANGÉLICA, El banano verde de rechazo en la producción de alcohol carburante, Medellín (Colombia): Escuela de Ingeniería de Antioquia, Junio 2005.
- [2] W. THORPE, "Bioquímica, España: continental, 2003.
- [3] A. MARTÍNEZ, Evaluación del rendimiento de etanol en una fermentación continua con *Zymomonas mobilis*, Medellín: Universidad Nacional De Colombia, 2003.
- [4] S. Garzón, ESTUDIO COMPARATIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE BANANO, 2009.
- [5] C. G. JAVIER, "Instalación de una Planta Productora de Alcohol a partir de la Caña de Azúcar, GUAYAQUIL, 2001.
- [6] C. SÁNCHEZ, Producción Tecnológica de Alcohol Carburante, 2005.
- [7] ALAMBIQUES, «destilación: teoría y tipos,» enero 2010. [En línea]. Available: <http://www.alambiques.com..>
- [8] J. AGUIRRE, Ingeniería de Procesos Químicos, U. Nal de Colombia, 2004.
- [9] E. Flores, «Manejo del cultivo bananero usando meristema Williams,» 2006. [En línea]. Available: [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10283/3/TESIS\[1\].pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10283/3/TESIS[1].pdf).
- [10] R. y. L. M. SIMBAÑA, La Planta de Plátano, Estudio Agroindustrial en el Ecuador, Ministerio de Industrias y Productividad de la República del Ecuador, 2010.
- [11] E. K. B. Cheesman, Classification of the Bananas. III. Critical Notes on Species. c. *Musa paradisiaca* L. and *Musa sapientum* L., Kew Bulletin, 2006.
- [12] O. Gabriel, Tecnología de postcosecha y su influencia sobre la calidad de los frutos. En Sozzi, G.O. Árboles frutales. Ecofisiología, cultivo y aprovechamiento, Buenos Aires: Facultad de Agronomía, 2003.
- [13] P. Arias, La economía mundial del banano 1985-2002, 2003.
- [14] J. F. Morton, Fruits of warm climates, Miami: Creative Resource Systems. , 2006.
- [15] L. Tazan, El cultivo de plátanos en el Ecuador, Guayaquil, 2003.
- [16] P. Gilces, ESTUDIO DEL USO DE LOS NUTRIENTES PARA LA LEVADURA EN FERMENTACIÓN CON EL PROPÓSITO DE MEJORAR LA PRODUCCIÓN DEL ALCOHOL ETÍLICO, Guayaquil : UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, 2006.
- [17] H. Nieto, Evaluación de las condiciones de la fermentación alcohólica utilizando *Saccharomyces cerevisiae* y jugo de caña de azúcar como sustrato para obtener etanol, SANGOLQUI: ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO , 2009.
- [18] N. Chem, «www.nortemchem.com,» 2015. [En línea]. Available:

<http://www.nortemchem.com/descripcion-del-acido-citrico/>.

- [19] E. O. A. ETILICO, «blogspot,» 23 05 2012. [En línea]. Available: <http://etanol-ae.blogspot.com>.
- [20] T. LYONS, The Alcohol Textbook., Reino Unido: Nottingham University Press, Nottingham, 2003.
- [21] Z. A. M. y. P. Carlos, «Producción en continuo de etanol a partir de banano de rechazo (cáscara y pulpa) empleando células inmovilizadas,» *Tumbaga*, vol. 5, pp. 49-60, 2010.
- [22] J. A. B. POSLIGUA, OBTENCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE *Artocarpus heterophyllus* lam. (Jackfruit) CONSIDERANDO DIFERENTES ESTADOS FISIOLÓGICOS DE LA FRUTA, Quevedo: Universidad Tecnica Estatal de Quevedo, 2015.
- [23] I. Leal, «EFECTODE LA TEMPERATURA Y EL pH EN LA FERMENTACIÓNDELMOSTODEAgavecocui,» *Serbiluz*, p. 4, 2014.
- [24] 3. NTE INEN, «Instituto Ecuatoriano de Normalizacion (INEN),» 07 05 2015. [En línea]. Available: http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/08/nte_inen_375.pdf.
- [25] 1. NTE INEN, «Instiruto Ecuatoriano de Normalizacion,» 20 11 2013. [En línea]. Available: <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte1/1837-1R.pdf>.
- [26] 1.-8. NTE INEN-ISO, «INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION,» 10 06 2015. [En línea]. Available: http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/.../nte_inen_2951.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO: 1 Estudios económicos.

Inversión total para la realización de este proyecto

INVERSION INICIAL	
Capital	\$230,00
inversión total	\$230,00
ACTIVOS FIJOS	
-	
CAPITAL DE OPERACIÓN	
gastos generales	\$130,00
INVERSIÓN TOTAL	\$230,00
ELABORADO POR: AROCA. K. - HOLGUIN. J. (2017)	

Cuadro de gastos generales

GASTOS GENERALES			
Banano de tres variedades	12 kg	\$2,00	\$24,00
Tachos	12	\$3,00	\$36,00
Levadura	12	\$0,24	\$2,88
Ácido cítrico	1	\$1,50	\$1,50
Análisis de etanol	1	\$49,92	\$49,92
SUBTOTAL			\$114,30
	14%		\$16,00
TOTAL			\$130,00
ELABORADO POR: AROCA. K. - HOLGUIN. J. (2017)			

Cuadro movilización durante el proceso de investigación

Movilización	cantidad
dentro de la ciudad	\$40,00
Guayaquil	\$20,00
Buena Fe-La Esperanza	\$40,00
TOTAL	\$100,00

Elaborado por: Aroca. K. - Holguín. J. (2017)

ANEXO: 2 Fotografías de la fase experimental del proceso de obtención de etanol de *musa paradisiaca*.



Materia prima



Lavado y pelado



Pesado



Licuado



Pesado de azúcar, levadura y ácido cítrico



Fermentación



Toma de pH



Titulación para acidez



Proceso de destilación



Destilador



Toma de grados brix



Muestra de etanol y toma de grados de licor

Elaborado por: Aroca. K. - Holguín. J. (2017)

ANEXO 3: Cuadro de medias de tukey de los análisis de rendimiento en milímetros.

Pruebas de Múltiple Rangos de rendimiento por Factor A

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=13,82115

Error: 36,0833 gl: 5

FACTOR A: VARIEDAD Medias n E.E.

CAVENDISH	161,25	4	3,00	A
ORITO	164,00	4	3,00	A
MAQUEÑO	166,00	4	3,00	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Pruebas de Múltiple Rangos de rendimiento por Factor B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,91506

Error: 36,0833 gl: 5

FACTOR B: ESTADO DE MADURE.. Medias n E.E.

PINTON	163,00	6	2,45	A
MADURO	164,50	6	2,45	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Pruebas de Múltiple Rangos de rendimiento por Replicas

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,91506

Error: 36,0833 gl: 5

REPETICIONES Medias n E.E.

1,00	163,67	6	2,45	A
2,00	163,83	6	2,45	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Pruebas de Múltiple Rangos de rendimiento por interacción A*B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=25,62505

Error: 36,0833 gl: 5

FACTOR A: VARIEDAD	FACTOR B: ESTADO DE MADURE..	Medias	n	E.E.
CAVENDISH	PINTON	158,00	2	4,25 A
ORITO	PINTON	163,50	2	4,25 A
ORITO	MADURO	164,50	2	4,25 A
CAVENDISH	MADURO	164,50	2	4,25 A
MAQUEÑO	MADURO	164,50	2	4,25 A
MAQUEÑO	PINTON	167,50	2	4,25 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO 4: Cuadro de medias de tukey de los análisis de grados Brix.

Pruebas de Múltiple Rangos de grados Brix por Factor A

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,66420
Error: 0,0833 gl: 5
FACTOR A: VARIEDAD Medias n E.E.

ORITO	6,10	4	0,14	A
CAVENDISH	6,30	4	0,14	A
MAQUEÑO	6,60	4	0,14	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Pruebas de Múltiple Rangos de grados Brix por Factor B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,42843
Error: 0,0833 gl: 5
FACTOR B: ESTADO DE MADURE.. Medias n E.E.

PINTON	5,95	6	0,12	A
MADURO	6,72	6	0,12	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Pruebas de Múltiple Rangos de grados Brix por Replicas

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,42843
Error: 0,0833 gl: 5
REPETICIONES Medias n E.E.

1,00	5,97	6	0,12	A
2,00	6,70	6	0,12	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Pruebas de Múltiple Rangos de grados Brix por interacción A*B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,23146
Error: 0,0833 gl: 5
FACTOR A: VARIEDAD FACTOR B: ESTADO DE MADURE.. Medias n E.E.

CAVENDISH	PINTON	5,75	2	0,20	A
ORITO	PINTON	5,75	2	0,20	A
MAQUEÑO	PINTON	6,35	2	0,20	A
ORITO	MADURO	6,45	2	0,20	A
MAQUEÑO	MADURO	6,85	2	0,20	A
CAVENDISH	MADURO	6,85	2	0,20	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

ANEXO 5: Cuadro de medias de tukey de los análisis de pH

Pruebas de Múltiple Rangos de pH por Factor A

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,24022
 Error: 0,2905 gl: 5
 FACTOR A: VARIEDAD Medias n E.E.

CAVENDISH	2,73	4	0,27	A
ORITO	2,81	4	0,27	A
MAQUEÑO	3,09	4	0,27	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Pruebas de Múltiple Rangos de pH por Factor B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,79998
 Error: 0,2905 gl: 5
 FACTOR B: ESTADO DE MADURE.. Medias n E.E.

PINTON	2,78	6	0,22	A
MADURO	2,97	6	0,22	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Pruebas de Múltiple Rangos de pH por Replicas

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,79998
 Error: 0,2905 gl: 5
 REPETICIONES Medias n E.E.

1,00	2,71	6	0,22	A
2,00	3,03	6	0,22	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Pruebas de Múltiple Rangos de pH por interacción A*B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,29943
 Error: 0,2905 gl: 5
 FACTOR A: VARIEDAD FACTOR B: ESTADO DE MADURE.. Medias n E.E.

ORITO	PINTON	2,66	2	0,38	A
CAVENDISH	MADURO	2,66	2	0,38	A
CAVENDISH	PINTON	2,80	2	0,38	A
MAQUEÑO	PINTON	2,89	2	0,38	A
ORITO	MADURO	2,96	2	0,38	A
MAQUEÑO	MADURO	3,28	2	0,38	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

ANEXO 6: Cuadro de medias de tukey de los análisis de Acidez

Pruebas de Múltiple Rangos de acidez por Factor A

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,30676
Error: 2,0655 gl: 5
FACTOR A: VARIEDAD Medias n E.E.

ORITO	6,25	4	0,72	A
CAVENDISH	7,13	4	0,72	A
MAQUEÑO	7,75	4	0,72	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Pruebas de Múltiple Rangos de acidez por Factor B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,13296
Error: 2,0655 gl: 5
FACTOR B: ESTADO DE MADURE.. Medias n E.E.

PINTON	5,52	6	0,59	A
MADURO	8,57	6	0,59	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Pruebas de Múltiple Rangos de acidez por Replicas

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,13296
Error: 2,0655 gl: 5
REPETICIONES Medias n E.E.

1,00	6,57	6	0,59	A
2,00	7,52	6	0,59	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Pruebas de Múltiple Rangos de acidez por interacción A*B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,13090
Error: 2,0655 gl: 5
FACTOR A: VARIEDAD FACTOR B: ESTADO DE MADURE.. Medias n E.E.

ORITO	PINTON	4,30	2	1,02	A
CAVENDISH	PINTON	5,90	2	1,02	A
MAQUEÑO	PINTON	6,35	2	1,02	A
ORITO	MADURO	8,20	2	1,02	A
CAVENDISH	MADURO	8,35	2	1,02	A
MAQUEÑO	MADURO	9,15	2	1,02	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO 7: Cuadro de medias de tukey de los análisis de Grados de licor Pruebas de Múltiple Rangos de grados de licor por Factor A

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,41582
Error: 3,6833 gl: 5
FACTOR A: VARIEDAD Medias n E.E.

MAQUEÑO	59,50	4	0,96	A
ORITO	61,00	4	0,96	A
CAVENDISH	62,25	4	0,96	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Pruebas de Múltiple Rangos de grados de licor por Factor B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,84834
Error: 3,6833 gl: 5
FACTOR B: ESTADO DE MADURE.. Medias n E.E.

MADURO	59,83	6	0,78	A
PINTON	62,00	6	0,78	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Pruebas de Múltiple Rangos de grados de licor por Replicas

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,84834
Error: 3,6833 gl: 5
REPETICIONES Medias n E.E.

1,00	59,83	6	0,78	A
2,00	62,00	6	0,78	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Pruebas de Múltiple Rangos de grados de licor por interacción A*B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,18713
Error: 3,6833 gl: 5
FACTOR A: VARIEDAD FACTOR B: ESTADO DE MADURE.. Medias n E.E.

ORITO	MADURO	57,50	2	1,36	A
MAQUEÑO	PINTON	59,50	2	1,36	A
MAQUEÑO	MADURO	59,50	2	1,36	A
CAVENDISH	PINTON	62,00	2	1,36	A
CAVENDISH	MADURO	62,50	2	1,36	A
ORITO	PINTON	64,50	2	1,36	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

ANEXO 8: Análisis de laboratorio realizado al etanol obtenido del banano



INFORME DE ENSAYOS

Fecha de Informe:	12/05/2017	Orden:	3136	N° de Informe:	2579-17	Página:	1/1
-------------------	------------	--------	------	----------------	---------	---------	-----

INFORMACIÓN DEL CLIENTE:							
Nombre:	HOLGUIN GORGITZA JUAN CARLOS						
Dirección:	BUENA FE						
Teléfono:	0985321041	Fax:	—	E-Mail:			

DATOS DE LA MUESTRA:							
Tipo de Muestra:	Bebidas Alcohólicas						
Nombre:	ETANOL DE BANANO (VARIEDAD CAVENDISH)						
Descripción:	Bebida fermentada						
Lote:	—	Fecha de Elab.	—	Fecha de Exp.	—		
Contenido Declarado:	—	Cantidad Recibida:	2 de 200 ml	Condición:	Normales, envase de vidrio		
Fecha de Recepción:	09/05/2017	Cód. Laboratorio:	BH-C-27-09-05-17	Forma de conservación:	Ambiente		
				Muestreo:	Realizado por el cliente		

RESULTADOS				
ANÁLISIS QUÍMICO				
Fecha de Análisis	10/05/2017	Página R 30-S 10:	17726	
Condiciones ambientales:	Temperatura:		22°C - 33°C	Humedad Relativa: 24% - 62%
Parámetros	Unidad	Resultados	Requisitos	Método de Referencia
Grado Alcohólico a 20°C/20°C	°GL	60	—	MMQ-191
Metanol	—	Negativo	—	NTB (NEN 0347)

OBSERVACIÓN

Se podrán realizar modificaciones a este documento, hasta 6 meses después de su emisión, las mismas que deberán ser respaldadas por un requerimiento de las autoridades de salud o por un sustento técnico válido, de acuerdo al criterio del laboratorio.

Estos resultados corresponden exclusivamente a la muestra analizada.

La contra muestra se almacena en el laboratorio por 1 mes.

Prohibida su reproducción total o parcial, sin previa autorización de LABORATORIOS AVE S.A.

Las observaciones y opiniones no se encuentran dentro del Alcance de Acreditación

Los registros generados por el análisis de la(s) muestra(s) son mantenidos en los archivos del laboratorio por 5 años

Válido solo Informe Original


Dra. Margot Vélez de Avilés
Gerente Técnico & Calidad

Datos de Contacto:
Dirección Laboratorio Matriz: Parque Industrial California 1, Calle Ays, Rodadero Logun Rivadeneira,
Edificio Comercial 3 Local 4 A 10m. 11 15 Vía a Caule.
P.O. Box: (5034) 2103008, Teléfono Parque California 1: 2103017 / 2103020, fax: 206 Cx: 1998070819
Dirección Laboratorio de Microbiología: Parque Industrial California 2, Bodega D44
Km. 11 15 Vía a Caule.
Teléfono: (5034) 2 103065 ext. 101, Teléfono Parque California 2: 2 103195 ext. 443

Email: margot.aviles@laboratoriosave.com
certificaciones.compras@laboratoriosave.com
patricia.aviles@laboratoriosave.com
juliana.aviles@laboratoriosave.com
www.laboratoriosave.com

 LABORATORIOS AVE

R02-5.10 Rev.01 06/03/15