

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**OBTENCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO A PARTIR DE LA
FERMENTACIÓN Y DESTILACIÓN ALCOHÓLICA DEL MOSTO DEL
PLÁTANO MADURO DE DIFERENTES MUSÁCEAS CULTIVABLES
EN EL CANTÓN EL CARMEN**

AUTOR: ZAMBRANO PAZMIÑO ADRIANA MELISSA

TUTOR: ING. ELIZABETH TACURI TROYA MSc.

El Carmen, Agosto del 2022

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-01-F-010
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO.	REVISIÓN: 1 Página i de 47

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, bajo la autoría de la estudiante Zambrano Pazmiño Adriana Melissa, legalmente matriculada en la carrera de ingeniería agropecuaria, período académico 2021-2022, cumpliendo el total de 64 horas, bajo la opción de titulación de proyecto de investigación, cuyo tema del proyecto es “Obtención de alcohol etílico a partir de la fermentación y destilación alcohólica del mosto del plátano maduro de diferentes musáceas cultivables en el cantón El Carmen”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lugar, 15 de julio de 2022.

Lo certifico,

Ing. Elizabeth Tacuri MSc.

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EL CARMEN

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

Obtención de alcohol etílico a partir de la fermentación y destilación alcohólica del mosto del plátano maduro de diferentes musáceas cultivables en el cantón El Carmen

AUTOR: Zambrano Pazmiño Adriana Melissa

TUTOR: Ing. Elizabeth Tacuri MSc.

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIA**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

MIEMBRO _____

MIEMBRO _____

MIEMBRO _____

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios porque gracias a él puedo alcanzar todas mis metas planteadas y vida para disfrutarlas.

A mis padres por ser parte importante de mi vida y ser mi inspiración para plantear mis objetivos y cumplirlos.

A mi familia que forma parte esencial de mi vida y que me acompaña y apoya en todos los pasos de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera especial a Dios por todas las bendiciones que me ha brindado a lo largo de los años y darme la oportunidad de llegar a este punto de mi vida y alcanzar mi meta de culminar mis estudios universitarios.

A mis padres por brindarme todo el apoyo y darme ánimo para lograr todos mis propósitos y llegar hasta esta nueva etapa.

A mis hermanos y hermanas por formar parte de mi vida y acompañarme en los momentos difíciles y alegres de mi vida.

A mi familia por estar a mi lado en todo momento y ser parte fundamental de mi vida.

A la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí por darme la oportunidad de alcanzar los conocimientos necesarios y obtener mi titulación.

ÍNDICE

PORTADA	1
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE.....	v
TABLAS.....	vii
FIGURAS	viii
ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRATC	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	4
1 MARCO TEÓRICO	4
1.1 El cultivo del plátano	4
1.1.1 Generalidades	4
1.1.2 La fruta de la musácea.....	6
1.2 Industrialización de la fruta	8
1.2.1 Producción de etanol	10
CAPÍTULO II.....	12
2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	12
CAPÍTULO III	14
3 DIAGNÓSTICO O ESTUDIO DE CAMPO	14
3.1 Ubicación del ensayo.....	14
3.2 Características agroecológicas de la zona.....	14
3.3 Variables en estudio.....	14
3.3.1 Variables independientes.....	14
3.3.2 Variables dependientes.....	14
3.4 Característica de las Unidades Experimentales	15
3.5 Tratamientos	15
3.6 Diseño experimental	15

3.7	Materiales e instrumentos	16
3.7.1	Equipos de campo.....	16
3.8	Manejo del Ensayo.....	16
3.8.1	Recepción de la materia prima	16
3.8.2	Selección de las musáceas	17
3.8.3	Pesado de la fruta y dosificación	17
3.8.4	Eliminación del pericarpio	17
3.8.5	Pasteurización.....	17
3.8.6	Fermentación	17
3.8.7	Toma de datos.....	17
CAPÍTULO III		18
4	EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS	18
4.1	pH.....	18
4.2	Porcentaje de mosto sólido	19
4.3	Mosto Líquido %	20
4.4	Porcentaje del volumen del alcohol destilado.....	21
4.5	Alcohol EN V/V	22
4.6	Costo de producción	23
CONCLUSIONES.....		24
RECOMENDACIONES		25
BIBLIOGRAFÍA.....		xi

TABLAS

Tabla 1. Características meteorológicas presentadas en el ensayo.....	14
Tabla 2. Disposición de los tratamientos.....	15
Tabla 3. Esquema del ADEVA.....	16
Tabla 4. Cantidad de mosto sólido obtenido de las diferentes cultivares de plátano en la obtención de alcohol etílico.....	19

FIGURAS

Figura 1. Valor del pH de las mezclas realizadas con las diferentes cultivares de plátano en la obtención de alcohol etílico.	18
Figura 2. Cantidad de mosto líquido y mosto sólido (%) obtenido de las diferentes cultivares de plátano en la obtención de alcohol etílico.	20
Figura 3. Nivel de alcohol obtenido de las diferentes cultivares de plátano en la obtención de alcohol etílico.	21
Figura 4. Porcentaje de alcohol obtenido de las diferentes cultivares de plátano en la obtención de alcohol etílico.	22
Figura 5. Costo de producción de cinco cultivares de Musáceas en la producción de alcohol.	¡Error! Marcador no definido.

ANEXOS

Anexo 1. ADEVA del pH obtenido de los diferentes mostos de plátano.	xii
Anexo 2. ADEVA del mosto sólido producido al finalizar la fermentación y destilación.	xii
Anexo 3. ADEVA del mosto líquido producido de las diferentes cultivares de plátano.	xii
Anexo 4. ADEVA de la producción de alcohol de las diferentes cultivares.....	xii
Anexo 5. ADEVA del porcentaje de alcohol producido de las diferentes cultivares.	xii
Anexo 6. Escala de Von Losecke para medir la maduración de frutas	xiii
Anexo 7. Mezcla de la preparación de los materiales para la obtención de alcohol etílico. ...	xiv
Anexo 8. Tiempo de fermentación de la mezcla de barraganete.....	xiv
Anexo 9. Destilado de las cultivares preparadas en la obtención de alcohol etílico.	xv
Anexo 10. Recipiente para el almacenamiento del alcohol obtenido.....	xv

RESUMEN

Se realizó un trabajo experimental en el Laboratorio de Agroindustria de la Granja Experimental Río Suma, Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión en El Carmen con el objetivo de comparar el rendimiento de alcohol etílico a partir de la fermentación y destilación alcohólica del mosto del plátano maduro de diferentes musáceas cultivadas en el cantón El Carmen; para el establecimiento del experimento se planteó un diseño completamente al azar (DCA) con 5 tratamientos que comprenden las cultivares de plátano (barraganete, dominico, banano, maqueño y orito) y 3 repeticiones, para la preparación de la mezcla se colocaron los mostos en agua a la que se agregó ácido cítrico y azúcar para luego someterlo a la pasteurización, al finalizar se sometió todo a la fermentación y destilación, las variables medidas fueron el pH, el mosto sólido y líquido, el contenido y porcentaje de alcohol. Los resultados obtenidos en cuanto al pH no mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las cultivares de musácea, el promedio en el banano fue de 4,1 de pH mientras que el maqueño y barraganete apenas fue de 3,8; en el mosto sólido el dominico alcanzó el porcentaje más elevado con 61,61% mientras que para el mosto líquido el banano presentó el mayor rendimiento con un promedio de 59,41%; para el contenido de alcohol el dominico obtuvo el valor más alto con 31,86 % v/v y porcentaje de 70% del contenido.

ABSTRACT

An experimental work was carried out in the Agroindustry Laboratory of the Río Suma Experimental Farm, Laica University "Eloy Alfaro" of Manabí, Extension in El Carmen with the objective of comparing the yield of ethyl alcohol from the fermentation and alcoholic distillation of the must. of the ripe banana of different musaceae cultivated in the El Carmen canton; For the establishment of the experiment, a completely randomized block design (DBCA) was proposed with 5 treatments that include the banana varieties (barraganete, dominico, banana, maqueño and orito) and 3 repetitions, for the preparation of the mixture the musts in water to which citric acid and sugar were added and then subjected to pasteurization, at the end everything was subjected to fermentation and distillation, the variables measured were pH, solid and liquid must, content and percentage of alcohol. The results obtained in terms of pH did not show significant differences ($p < 0.05$) between the banana varieties, as well as the production of solid must, the average of these parameters was 3.93 pH and 1386.1 g respectively; For the liquid must, all the varieties presented the highest yield with an average of 1,641.25 ml, except for the Dominican, which barely reached 891.5 ml. For the alcohol content in the mixtures, the banana obtained the highest value with 295 ml and the highest percentage was from the Dominican with 70% of the content.

INTRODUCCIÓN

En el país según el último censo agropecuario del 2021 existen más de 145 mil ha plantadas de plátano, de las cuales se obtuvo un total de 722.298 toneladas métricas de producción en fruta fresca; la provincia de Manabí es la que mayor extensión cultivada mantiene con 57.111 ha y una producción de 276.497 t de la cuales se comercializaron 256.912 t que, considerando el precio oficial de caja representa alrededor de \$84,96 millones de dólares en movimiento al año, la parte no comercializada representan \$2.937 dólares, a nivel nacional la cifra llega a \$10.383 dólares (Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC], 2022).

El plátano es uno de los cultivos con mayor impacto en el mundo de la agricultura a nivel internacional, debido a la cantidad de extensiones de suelo donde se cultiva y las altas exportaciones anuales que se producen en los países donde se produce esta musácea. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2022) resume en sus estadísticas que, en el territorio ecuatoriano, la producción de este cultivo alcanzó los 55.182 hg ha⁻¹ en un total de 135.813 ha de superficie cultivada.

Para el Ecuador, este cultivo significa más que una fuente de ingresos económicos a los agricultores y las personas que laboran directa e indirectamente en el proceso de producción, una alternativa alimenticia, que en dependencia de la zona se convierte en un alimento vital en la canasta básica, ya que cuenta con un contenido nutricional idóneo para el ser humano (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2018).

La explotación agrícola, sea para el consumo directo de sus productos o derivados de los mismos, ha llevado a los agricultores a incrementar la productividad de los cultivos. Se han producido efectos negativos, por la sobreexplotación y desgaste del suelo, además de que, en algunos procesos agroindustriales, donde se transforma a materia prima obtenida, las industrias generan gases contaminantes que influyen en el calentamiento global (Vargas y Pérez, 2018).

El plátano es altamente demandado para el consumo humano. Las producciones anuales se incrementan, esto sumado a que las exigencias en la calidad de la fruta aumentan por parte de las compañías exportadoras, lo que trae consigo que los rechazos de dedos del plátano por defectos aumenten considerablemente. Estos frutos se convierten en como residuos o producto no útil para la industria, es manifiesta la tendencia a madurarse dentro de las propiedades y se genera un desperdicio de la producción que podría significar rentabilidad dentro del sistema (Borja, 2018).

El autor Peñaranda *et al.*, (2017) afirma que las industrias que innovan y varían sus sistemas de producción, buscan alternativas ecológicas que reduzcan la agresiva sobrexplotación del suelo y crear productos derivados de la agricultura con residuos vegetales, producidos por el rechazo de las industrias convencionales, han planteado la idea de utilizar los frutos maduros para la obtención de etanol y alcoholes a partir de la fermentación de estos aprovechando los carbohidratos presentes en el plátano.

El etanol es un biocombustible que se obtiene de materias primas de origen vegetal y animal, el cual ha ganado durante los últimos años por la alternativa que se presenta al uso de combustibles químicos, de esta manera el etanol se convierte en el biocombustible de mayor relevancia en la industria automotriz, no solo por su efecto amigable con el ambiente, sino también por sus fuentes de obtención, la más significativa es la caña de azúcar seguida del maíz (Monroy *et al.*, 2017).

La producción de etanol a nivel nacional asciende a más de 57,3 millones de litros al año, de los cuales se estima que son exportado un promedio de 27 millones de litros, el precio fijado para el litro de etanol alcanza los \$0,80 dólares, por lo que las exportaciones de este producto ingresan al país 21,6 millones de dólares anualmente, las exportaciones llegan a un volumen de 20 millones de litros, este en promedio se adquiere hasta en \$0,74 por lo que representa un gasto general de 14,8 millones de dólares (Pacheco, 2018).

En el cantón El Carmen y en la mayoría de la provincia de Manabí, los productores de plátano siembran en mayor proporción la variedad barraganete, siendo predominante en superficie y exportación, sin embargo, durante los últimos años se han introducido otras cultivares como el dominico hartón para la comercialización y exportación, en menor escala se encuentran el guineo, el cual es utilizado para el consumo interno y no tiene un enfoque comercial en el mercado nacional y extranjero (Grupo El Comercio, 2011).

El análisis de la problemática en estudio llevaría a preguntarse si se pudiera obtener alcohol etílico a partir de la fermentación y destilación alcohólica del mosto del plátano maduro. De esta manera se puede propiciar un manejo eficiente de los rechazos de la fruta de las musáceas entre los productores y generar ingresos extras al sistema de producción, lo que disminuirá la acumulación de residuos vegetales dentro de las plantaciones.

Como unas de las alternativas viables a la problemática en estudio como es el mal uso que se le da a determinadas plantaciones de musáceas consideradas como rechazo en los procesos agrícolas, se ha sistematizado dicha experiencia de elaboración de alcohol etílico para diseñar una guía descriptiva con el fin de que este contexto sea útil y aporte con fines de

lucro a la sociedad y optimizar nuestros recursos, siendo estos aprovechados en su totalidad, y fomentando así, nuevas ideas y fuentes de trabajo, aplicando y aportando con nuevos conocimientos .

Objetivo general:

Determinar el rendimiento de alcohol a partir de diferentes musáceas cultivadas en el cantón El Carmen.

Objetivos específicos:

- Determinar el rendimiento de v/v de alcohol obtenido a partir de mostos de diferentes musáceas cultivadas en la zona de El Carmen.
- Analizar la calidad fisicoquímica del alcohol según la NTE INEN 2478.
- Calcular los costos directos de cada tratamiento.

Hipótesis:

Hi: Se obtendrá alcohol etílico a partir de la diferentes musáceas cultivadas en el Cantón El Carmen.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 El cultivo del plátano

1.1.1 Generalidades

El plátano se encuentra entre los primeros cuatro cultivos de mayor producción a nivel mundial, junto al arroz, el trigo y el maíz, los cuales forman los productos alimenticios básicos en la humanidad (IICA, 2018). En Latinoamérica este cultivo se ha convertido en el más extendido entre los países con condiciones climáticas de tipo tropicales y subtropicales, sin embargo, sus orígenes empiezan desde el sudeste asiático, y también se ha extendido hasta el continente africano (Silva, 2018).

Los plátanos y las bananas que se cultivan en las zonas tropicales tienen su génesis en especies del género *Musa* que son originarias del sureste de Asia, los plátanos malayo y macho. La información genética contenida en dichas especies ha servido de soporte para el desarrollo de más de un millar de ejemplares, tales como: híbridos, razas o cultivares de buenas propiedades organolépticas y alto valor nutritivo (López y Pérez, 2011).

Ecuador se ubica en el segundo lugar de los países exportadores, además, el valor del cultivo se reafirma catalogado de seguridad alimentaria y por las ventajas económicas y sociales que trae consigo su producción. El cantón El Carmen destina más 45 000 ha al cultivo del plátano, lo cual lo convierte en la zona de mayor productora del territorio ecuatoriano (Armendariz et al., 2014).

Según Tenesaca et al., (2019) la planta de plátano durante su ciclo de producción atraviesa por tres etapas. La primera etapa llamada vegetativa, en la cual el plátano incrementa su parte vegetativa, aparecen las raíces principales y secundarias totalmente desarrolladas, el pseudotallo aumenta en tamaño y crecen los primeros hijuelos, esta etapa se extiende hasta los 6 meses, que es cuando empieza la segunda fase o denominada floral. En esta segunda el tallo floral y futuro racimo asciende por el centro del pseudotallo hasta la aparición, esta etapa tiene una duración de 3 meses.

La última etapa del desarrollo es la fructificación del plátano donde el tallo floral empieza abrirse y las flores se diferencian entre masculinas y femeninas, dando comienzo a la

formación de los dedos; las hojas terminan su desarrollo y empiezan a marchitarse lentamente, lo que indica el tiempo de cosecha del cultivo.

La cosecha del plátano no es la simple actividad de separar el racimo de las plantas, es necesario considerar el mercado o forma de consumo. Otros parámetros que no se deben obviar son la apariencia externa del fruto y la edad. En el momento de la cosecha se produce el doblado de la planta mediante un corte en cruz en el pseudotallo y al descender el racimo se realiza el corte sin dejar que se ponga en contacto con el suelo (Mejía, 2018).

“La cosecha se hace con un machete afilado haciendo un corte en cruz en el tallo a 2 metros de altura. Cuando el tallo se dobla, se sujeta el racimo para evitar que este se golpee. Luego se corta el racimo y este es transportado a la empacadora evitando que se maltrate. Si las plantas son muy altas es recomendable realizar la cosecha con la ayuda de un podón” (Tumbaco et al., 2015).

Una vez cosechados los racimos se procede al acarreo o traslado hasta el área de beneficio. Es importante que para lograr un fruto de calidad debe partirse de un correcto manejo agronómico en campo y el empleo de adecuadas prácticas de manejo de la fruta en la cosecha y acarreo. Todo esto ha favorecido significativamente a productores al cosechar un fruto de calidad y aceptado por procesadores, distribuidores y el mercado (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola [FHIA], 2008).

1.1.2 variedades

Barraganete

Este tipo de plátano por su forma física es más grande, robusto y duro, su piel o cascara es más gruesa y de un color verde pardusco, su pulpa es harinosa, rica en fibra y almidones. La forma más frecuente y simple es de consumo final en hogares, así como materia prima para la producción de diferentes alimentos derivados y harinas. También es de gran importancia para nuestro país por ser uno de los principales productos de exportación. (Espinosa, 2018)

Dominico

Se caracteriza por producir un mayor número de manos y dedos por racimo. Con pesos de racimo que superan los 30kg de peso. Son más pequeños, rectos con cascara brillante y pulpa dulce, al madurar cambian a color amarillo oscuro con manchas marrones (Escobar, 2017).

Banano

Es un fruto con cualidades variables en tamaño, color y firmeza, alargado curvado y carnoso, rico en almidón cubierto con una cáscara, que puede ser verde y amarilla cuando está maduro, listo para el consumo, proporcionan alimento a grandes poblaciones en su forma principal como postres o dulces para consumo principalmente crudos, con su gran parte de su fécula convertida en azúcar, también representa la mayor producción para exportación (Alonso, 2018).

Maqueño

El maqueño es un fruto de poca longitud, pero muy grueso. La pulpa es pegajosa y dulce. Mide entre 20 a 25 cm de largo; tiene de 2 a 4 cm de ancho y pesa de 150 y 200 g. Este tipo de plátano es el que más dedos en racimo puede tener. El maqueño se produce básicamente para consumo interno (Urgiles, 2016).

Orito

El orito es una variante más pequeña del banano, de aproximadamente 12cm y con un sabor más dulce que se consume crudo por ser suave. Cuando está maduro tiene la piel amarilla y la pulpa casi blanca, cremosa y de alta consistencia (Acosta, 2018).

1.1.3 La fruta de la musácea

El proceso postcosecha es el más importante dentro del cultivo, debido a las exigencias de los exportadores. Este proceso debe realizarse con mucho cuidado sin dañar los dedos de la fruta, según los parámetros de las empresas que compran el plátano. Los dedos no deben presentar suciedad, ni manchas que perjudiquen la visibilidad de la fruta, debe poseer la longitud y el grosos específico de 23 cm o 9 pulgadas y 4,5 cm respectivamente, no estar blandos y tener la coloración adecuada, deben seleccionarse los mejores dedos sin problemas de daños o golpes (Borja, 2018).

Otra de las características principales para la exportación del plátano es el grado de madurez fisiológico de la fruta. Esta característica se valora visualmente en la coloración verdosa de la misma y es determinante en conjunto con las características morfológicas para la aceptación o rechazo, sin embargo, las especificaciones pueden variar de acuerdo con las exigencias de cada empresa y mercado de destino (Mejía, 2018).

“En la cosecha del cultivo de plátano o el banano; solo se aprovecha el fruto lo que equivale aproximadamente al 10% o 20% de la plántula (Arango et al., 2018).

El consumo de la fruta en su mayoría se expende directamente, pocas industrias brindan un proceso o valor agregado a la fruta, por lo que la disponibilidad de esta se la considera alta como materia prima, sin embargo, no se utiliza, en especial cuando es rechazada por las exportadoras, esta fruta en pocos días alcanza la maduración y es consumida por los mismos productores como alimento complementario a otros platos principales (Peñaranda et al., 2017).

En temporales desfavorables para los procesos postcosechas del cultivo de plátano, la cantidad de fruta rechaza alcanza valores significativos, los cuales superan la posibilidad de consumirlos por los productores. Esta situación provoca pérdidas importantes por excesiva maduración de fruta en la finca, sin que se utilice para la venta o el consumo, esto ha motivado pensar en alternativas eficientes para el procesamiento de este tipo de fruta dentro del campo.

Para el procesamiento de las frutas madura es esencial conocer la composición que estas tienen.

Quiceno et al., (2014) aseguran que: “El plátano durante el proceso de maduración tiene grandes cambios fisicoquímicos, como aumento en los sólidos solubles totales y la acidez titulable (ácido málico), aumentando el contenido de azúcares en el fruto, la concentración de almidones disminuye debido a la hidrólisis que sufren estos en el proceso de maduración, además de reducir el pH por la presencia de mayores concentraciones de ácido málico en la fruta”. Esta composición hace que el plátano sea una alternativa posible para la producción de etanol.

La diferencia en cuanto a los racimos de las cultivares de musáceas radica en sus características productivas, especialmente en la cantidad de manos y número de dedos por racimo; en el caso del dominico el racimo puede alcanzar los 30 kg de peso en un promedio de 6 manos y 52 dedos por racimo (Valencia et al., 2022); en cultivares como el barraganete la cantidad de manos similar, sin embargo, el número de dedos suele variar entre 30 a 40 por racismo (Galeano y Aguirre, 2011).

En el guineo según las investigaciones se han llegado a contabilizar de entre 10 y 14 manos por racimo; en el que cada uno puede alcanzar un número superior a los 5 dedos por

mano, por otra parte en el cultivo de banano se han llegado a contar que la producción de dedos por mano puede alcanzar hasta los 12 como máximo (Piña *et al.*, 2006).

1.1.2 Maduración de la fruta

La fruta de las musáceas maduran mediante una serie de cambios complejos a nivel bioquímico, que a pesar que actúan al mismo tiempo, estos no interactúan entre sí, es decir, son independientes, sin embargo, dependiendo del híbrido cultivado la coloración de la cáscara de la fruta puede variar, como también la dureza de la pulpa, la cantidad de sólidos solubles, acidez y la tasa de CO₂ aunque no se puede determinar con exactitud los valores correspondientes en los bananos (Cachay, 2017).

Entre las características más determinantes en el grado de madurez de las musáceas es la textura de la fruta, la cual se modifica con el paso del tiempo, además de que pierde peso mientras pasan los días, por tal razón cuando se cosecha se busca en las fechas adecuadas a fin de que al empacar se pueda obtener la mayor cantidad de peso de cada dedo, así mismo, según los parámetros de comercialización tienden a rechazar frutos con alto índice de maduración ya que ha disminuido la calidad (Farfán, 2020).

Una de las cualidades más importantes de la fruta al momento de la maduración es el ablandamiento de la fruta, el cual ocurre gracias de los procesos bioquímicos y fisiológicos programados genéticamente, estas modifican la firmeza, color, textura y sabor de las musáceas; los parámetros y características de las musáceas varían mucho con el proceso de la maduración, por tal motivo el estudio de estas es muy importante para los comercializadores y consumidores de la fruta (Martínez *et al.*, 2017).

1.2 Industrialización de la fruta

“El Ecuador se ha caracterizado por tener un modelo extractivista primario cuyo principal objetivo ha sido el suplir de materia prima a nivel mundial. Con la implementación de la Matriz Productiva se busca desarrollar pequeñas industrias de productos elaborados con el fin de generar productos de calidad que puedan competir en mercados internacionales” (Guerrero y Mathias, 2017).

El crecimiento sostenido que se manifiesta en la demanda de los productos agrícolas con valor agregado se ha convertido en un horizonte para centrar toda la atención en el desarrollo de las agroindustrias en un escenario de crecimiento económico, seguridad alimentaria y estrategias para disminuir la pobreza. Es conocido que la agroindustria es un

sector manufacturero que brinda valor a las materias primas a partir de operaciones de procesamiento con el objeto final de suministrar un producto ya procesado (FAO, 2020).

Existe una gran diversidad de posibles usos de los frutos de las musáceas, cuando estos no están aptos para la exportación. Una alternativa es la producción de chifles o snack; Piloso et al., (2020) insisten en la importancia de establecer de manera ordenada y armónica las cadenas productivas. Al referirse a la cadena productiva de chifle en la localidad de El Carmen, señalan que “se sustenta desde los productores de plátano las empresas artesanales e industrias productoras de chifle y las comercializadoras encargadas de llevar el producto definitivo empaquetado en diferentes presentaciones...” .

Las musáceas de rechazo constituye 1 de los subproductos que se genera en la cadena productiva de dicho cultivo. Sus frutos alcanzan la madurez comercial y en este momento son cosechados, se seleccionan y se exportan. Durante el proceso de selección un gran porcentaje de los frutos no alcanza el tamaño requerido, una parte puede pasar a la industria, pero con frecuencia quedan formando parte del abonado en las plantaciones. Estos frutos poseen un elevado contenido de almidón azúcares y compuestos lignocelulósicos que pueden ser convertidos en etanol (Alonso y Pérez, 2019).

Por su parte Campos y Porras, (2019) proponen para el tratamiento físico del agua emplear un filtro que contenga harina de cáscara de plátano. Con esta experiencia de los autores lograron disminuir la concentración de hierro y manganeso presentes en el agua, en el caso del hierro hasta en un 82,26%. Mientras que, Bello et al., (2014) concluyen que los frutos de plátano constituyen una opción viable para la obtención de almidón y pectina, se convierten así en elementos potenciales a emplearse en la industria alimenticia como ingredientes o para producir recubrimientos comestibles.

El desarrollo de la industria local de plátano permitirá dejar atrás el modelo extractivista y convertir al Ecuador en un país que elabora productos competitivos (Guerrero y Mathias, 2017). La nanocelulosa es un material muy versátil que se puede obtener de residuos derivados a partir de la producción de plátano y otros cultivos cereales y frutales. Esto constituye una alternativa industrial en el Ecuador, pero se necesita realizar investigaciones básicas y aplicadas que posibiliten el empleo de estos residuos con un mayor valor agregado (Silva et al., 2021).

Las frutas tienen una cantidad considerable de compuestos químicos como fibras, alimentos, azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa), minerales y vitaminas. En general, el coproducto o productos desperdiciados presentan cantidades apreciables de constituyentes

importantes para el consumo humano, lo cual hace que se puedan utilizar en la industria alimentaria como ingredientes de alto valor añadido (da Cunha et al., 2020).

Las frutas son productos altamente perecederos, Actualmente la mayoría de las frutas perecederas se pierden durante su viaje a través de la cadena agroalimentaria: por derrame, descomposición fisiológica, pérdida de agua, daños mecánicos durante la cosecha, etc. En los últimos años se ha manifestado un empeño en la utilización de agricultura de bajos insumos y de fuentes renovables, como es el uso de residuos, uno de ellos es el plátano en la producción de etanol (Singh *et al.*, 2014).

1.2.1 Producción de etanol

La fermentación es la fase inicial de un conjunto de actividades que se desarrollan para elaborar un alimento. Para iniciar y acelerar procesos de fermentación no espontáneos o controlados se emplea como inóculo con altas concentraciones de microorganismos vivos (FAO, 2020). La fermentación alcohólica es un proceso que por su naturaleza biológica influyen sobre su desarrollo una gran diversidad de factores: “concentración de azúcares, temperatura, pH, concentración de células vivas, cepa utilizada, entre otros. Esta razón provoca que, desde el punto de vista económico, varios de esos parámetros operacionales deban encontrarse dentro de un intervalo restringido para garantizar la mayor eficiencia posible en un tiempo de operación razonable” (López et al., 2019).

Las investigaciones deben centrar su atención en un mejor análisis de esta etapa para contribuir al perfeccionamiento del proceso. Es en esta etapa donde se transforman anaeróbicamente los azúcares en etanol, a partir de los cuales en dependencia del contenido se derivará la elaboración de distintas bebidas alcohólicas. Se considera bebida alcohólica aquella que contiene etanol ya sea en su forma natural o adquirido; la concentración debe ser superior al 1% (Maldonado et al., 2018). El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2009) en su Norma Técnica NTE INEN 2478:2009, establece que: “Etanol. Es un alcohol primario que contiene 2 átomos de carbono, de fórmula química C_2H_5OH ”.

Estudios realizados por diferentes autores han registrado producción de alcohol a partir del empleo de desechos de frutos del plátano. Romero et al., (2019) al evaluar la cinética de la producción de bioetanol durante la fermentación alcohólica observaron que a partir del tercer día se estabilizó en un 7% el rendimiento. Por su parte, Singh et al., (2014) el rendimiento máximo de etanol de cáscara de banano fue del 6,54%.

La obtención de etanol puede ser gestionado de manera eficiente mediante el uso del hongo amilolítico *Aspergillus niger* y el fermentador de azúcar no amilolítico, *Saccharomyces cerevisiae*. Concluyen que en la medida que se incrementa la concentración del inóculo, *S. cerevisiae* disminuye rápidamente el tiempo para completar la fermentación, lograron la producción máxima de etanol antes de los siete días.

La levadura *S. cerevisiae*, para no ser categórico, posiblemente sea uno del microorganismo más empleado por el hombre a través del tiempo; a pesar de no tener conciencia de la importancia de este en la elaboración de alimentos y bebidas (Otero et al., 2011). Las levaduras han sido objeto de estudios desde la antigüedad, en la elaboración de cervezas, pan y vino, pero la fundamentación científica de su cultivo y uso a gran escala se debe a la incesante y minuciosa investigación del microbiólogo francés Louis Pasteur en el siglo XIX (Pelizer *et al.*, 2003).

CAPÍTULO II

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En la ciudad de Portoviejo se realizó un trabajo de investigación para obtener alcohol con la fermentación de la fruta de uva, de esta, según el autor se pueden extraer grandes cantidades de azúcares, los resultados y la metodología aplicada se resumen de la siguiente manera:

...se emplea el mosto de uva como sustrato y la levadura *Saccharomyces cerevisiae* como agente biológico para completar la fermentación, debido a que, este microorganismo ha sido probado en investigaciones anteriores mostrando una elevada tolerancia al etanol. Se tuvo en cuenta variables como el pH, tiempo de fermentación, los grados Brix, formación de biomasa, entre -1-1 otros. Los rendimientos de etanol y biomasa fueron de 0,483 gg y 0,069 gg , respectivamente, además se establecieron las dimensiones del reactor en la escala industrial asumiendo una producción de 30L de etanol. (Alcívar *et al.*, 2019, pág. 1).

La investigación de la fermentación de cuatro licores de frutas en las que se incluyó la maracuyá, naranja y dos cultivares de naranja en el cantón Chone, determinó el siguiente resumen de investigación:

Los parámetros evaluados están regidos en normativas europeas para los vinos y contemplan parámetros como el pH, Azúcar, grado alcohólico; desarrollo de las levaduras y temperatura. Los resultados relacionados a los parámetros como pH, densidad y Temperatura no reflejaron diferencia en los análisis siendo su comportamiento muy similar; sin embargo, en el comportamiento de las levaduras en el mosto de toronja presento un desarrollo precoz en el primer día y en los otros tres mostos alcanza el máximo desarrollo al tercer día. Respecto a los °Brix presento un comportamiento regular partiendo de 22 °Brix y llegando hasta 8 °Brix. (Solórzano *et al.*, 2019, pág. 753).

En relación con el uso de las musáceas se desarrolló una investigación con la fruta del banano para obtener alcohol etílico:

...La primera fue la obtención del almidón de banano verde, consiguiendo un rendimiento promedio de 3,1 %. En la segunda etapa con el almidón obtenido se preparó una suspensión para someterla a hidrólisis con la enzima alfa amilasa y

glucoamilasa, para convertir el almidón en glucosa. En la tercera etapa se desarrolla la fermentación, durante 30 días; todos los tratamientos permanecieron en fermentación el mismo tiempo, para así poder apreciar las variaciones que se produce por el diferente porcentaje de almidón y tiempo de hidrólisis. Mediante el análisis estadístico de los resultados se determinó que el mejor tratamiento corresponde a la utilización de una suspensión de almidón y un tiempo de hidrólisis con Glucoamilasa de 1,5 h, con los cuales se obtuvo la mayor concentración de glucosa 13 % y posterior fermentación para obtener 7,11 gL. En conclusión es posible la obtención de etanol a partir de la hidrólisis enzimática del almidón a glucosa. (Espinoza, 2015, pág. 13).

CAPÍTULO III

3 DIAGNÓSTICO O ESTUDIO DE CAMPO

3.1 Ubicación del ensayo.

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Agroindustria de la Granja Experimental Río Suma, Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión en El Carmen. Se ubica en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador (0°15' S y 79°26' O) a 260 msnm de altitud.

3.2 Características agroecológicas de la zona.

Tabla 1.

Características meteorológicas presentadas en el ensayo.

Características	ULEAM
Temperatura (°C)	25°
Humedad Relativa (%)	84%
Heliofanía (Horas luz año ⁻¹)	1 026,2
Precipitación media anual (mm)	163,5 mm
Altitud (msnm)	215 msnm

Nota. En la tabla 1 se identifica las características meteorológicas de la zona en la que se aplicó el estudio. Tomado del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2018).

3.3 Variables en estudio

3.3.1 Variables independientes

Cultivares de musáceas:

- T1: **Barraganete** (*Musáceae AAB*)
- T2: **Dominico** (*Musáceae ABB*)
- T3: **Banano** (*Musáceae AAA*)
- T4: **Maqueño** (*Musáceae AAB*)
- T4: **Orito** (*Musáceae AA*)

3.3.2 Variables dependientes

Mosto líquido: Se determinó mediante el uso de una probeta graduada de 250 ml, se determinó en %.

Mosto sólido: Se determinó mediante una balanza analítica con un margen de error $\pm 0,5$; el valor se determinó en %.

Porcentaje v/v de alcohol: Se determinó mediante el empleo de un alcoholímetro.

Volumen del destilado de alcohol: Se midió mediante un destilador de sobremesa de diseño horizontal y con un volumen máximo de 1 litro; con un sistema de limitación de caudal.

Calidad fisicoquímica del alcohol: Se determinó mediante análisis de laboratorio según la Norma Técnica NTE INEN 2478, pH, % Alcohol.

Se determinó los costos de producción de Alcohol en función a los precios en el tiempo que se realizó la investigación, los costos son directos y no se han tomado en cuenta la mano de obra, equipos, energía ni servicios.

3.4 Característica de las Unidades Experimentales

Se tomaron muestras de plátano en estado maduro para la producción de alcohol etílico, para cada muestra se utilizó 1 kg de pulpa de los diferentes cultivares en estado maduro, los cuales fueron sometidos a un proceso de fermentación alcohólica con la adición de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

3.5 Tratamientos

Tabla 2.

Disposición de los tratamientos.

Tratamientos	Descripción
T1	Barraganete (<i>Musáceae AAB</i>)
T2	Dominico (<i>Musáceae ABB</i>)
T3	Banano (<i>Musáceae AAA</i>)
T4	Maqueño (<i>Musáceae AAB</i>)
T5	Orito (<i>Musáceae AA</i>)

3.6 Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó fue un diseño completamente al azar (DCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones.

Tabla 3.*Esquema del ADEVA*

F.V.		gL
Total	$(t * r) - 1$	14
Tratamiento	$t - 1$	4
Repetición	$r - 1$	2
Error Experimental	$(t - 1) (r - 1)$	8

3.7 Materiales e instrumentos**3.7.1 Equipos de campo**

- Frutos maduros de cultivares de musáceas
- Machete
- Cuchillo
- Balanza
- Azúcar comercial
- Levadura
- Cocina
- Refractómetro
- Potenciómetro
- Termómetro
- Alcoholímetro
- Densímetro
- Destilador
- Recipientes
- Biorreactor

3.8 Manejo del Ensayo**3.8.1 Recepción de la materia prima**

se recibieron las diferentes cultivares de musáceas que se utilizaron en la investigación.

3.8.2 Selección de las musáceas

Se eliminaron los frutos que tenían daños físicos y presencia de daños biológicos, además se eliminaron los materiales extraños a la fruta como hojas, ramas, etc.

Se realizó el lavado de forma independiente de cada musácea, por cada kg de fruta se utilizaron 2 L de agua.

3.8.3 Pesado de la fruta y dosificación

Se constató el peso inicial de cada muestra y se dosificó la cantidad de agua, de azúcar y ácido cítrico

3.8.4 Eliminación del pericarpio

En este paso se procedió a pesar la pulpa y la cáscara

Se procede a sacar la relación de agua en función al peso del mesocarpio y posteriormente se agregó la dosis adecuada de azúcar para estandarizar los grados brix posteriormente se reguló los ácidos con ácido cítrico.

3.8.5 Pasteurización

Se realizó la pasteurización a 70 °C por 10 min con el fin eliminar cualquier microorganismo que infiera en la fermentación, posterior se procedió a enfriar de 30 a 35 °C para así proceder a inocular con *Saccharomyces cerevisiae* al 1%.

3.8.6 Fermentación

Se procedió a la etapa de fermentación por 21 días en recipientes plásticos de material de polietileno cerrado herméticamente con 2 válvulas una para eliminación del dióxido de carbono y la otra para el muestreo

Finalizado los 21 días se procedió a destilar a través de un destilador de sobremesa de diseño horizontal con caudal para favorecer la condensación.

3.8.7 Toma de datos

Se midió el alcohol obtenido en una probeta posteriormente se tomó el pH y el porcentaje de v/v de alcohol.

CAPÍTULO III

4 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

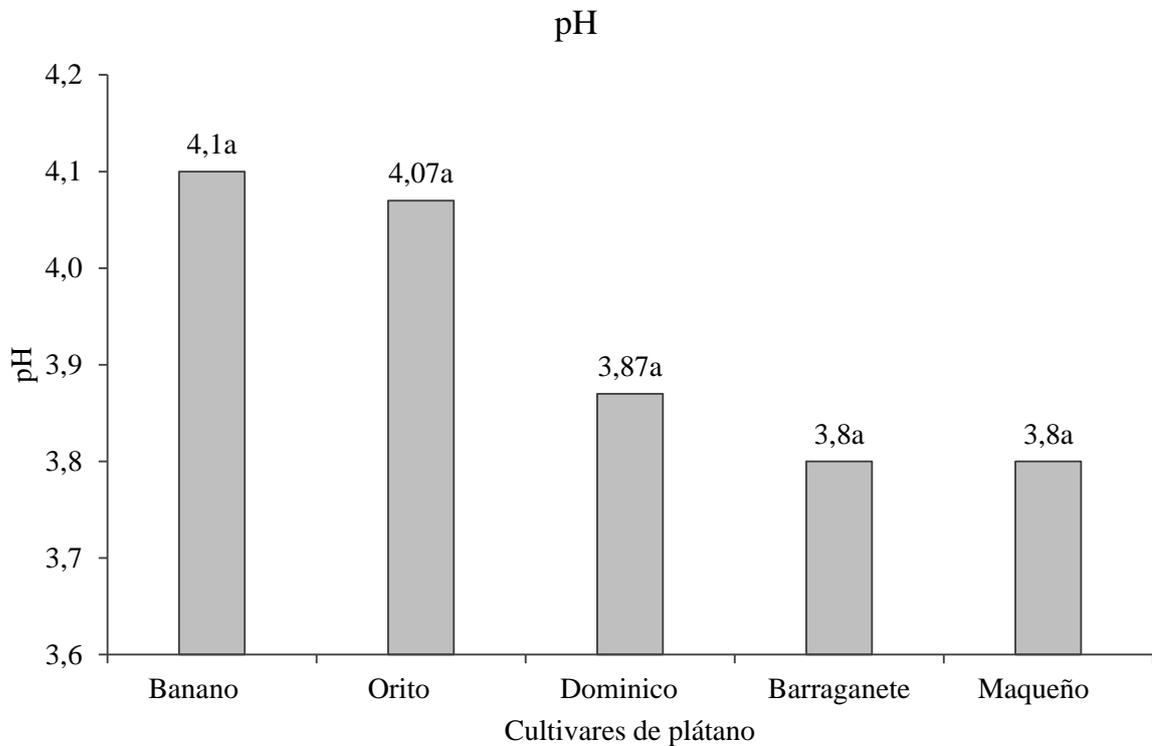
De los tratamientos aplicados en la investigación se obtuvieron los siguientes resultados:

4.1 pH

En el análisis de la varianza el nivel de pH de las diferentes se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el pH de las diferentes cultivares de plátano, esto indica que el valor de este parámetro depende de la variedad utilizada para el proceso de obtención de alcohol, sin embargo, la prueba de comparación de media de los tratamientos Tukey clasificó a todos los tratamientos bajo la misma categoría, el coeficiente de variación para esta variable fue de 3,07%.

Figura 1.

Valor del pH de las mezclas realizadas con las diferentes cultivares de plátano en la obtención de alcohol etílico.



Nota. En la figura 1 se determina el nivel de pH de los diferentes cultivares.

Los valores obtenidos en el pH (Figura 1) variaron entre los 3,8 en el barraganete y maqueño hasta los 4,1 en el banano, para el orito el pH fue de 4,07 mientras que el plátano dominico alcanzó un valor de 3,87 en promedio; en investigación de Macías (2015) el pH alcanzado en el proceso de fermentación fue menor a 5 con el mosto de banano.

Experimentos realizados con cáscara de plátano más la inclusión de microorganismos productores de *Saccharomyces cerevisiae* (Levadura) y en distintos tiempos de fermentación alcanzaron valores similares en pH con un promedio de 4,52 hasta las 72 horas de fermentación (Girón y Funes, 2013); Neira et al., (2017) desarrollo una investigación en la que evaluó distintas cultivares de plátano y estado fisiológica de la fruta y determinó que no existe diferencias significativa entre las cultivares y el estado de madurez de la fruta.

En la investigación de Moreira y Solorzano, (2020) en la que evaluaron la obtención del alcohol etílico a partir del banano mediante la fermentación determinaron que el pH disminuye con el paso de los días, comenzando con 4,85 al inicio del experimento y finalizando con 4,65 al terminar los 6 días de investigación.

A pesar de que la normativa NTE INEN 3194, 372, 374 y la 1837 no determina el valor de pH que debería tener el alcohol usado para desinfección o para alimento, sin embargo, lo traduce en acidez total o volátil de máximo 1.5 g/lt, en la industria de alcoholes para desinfección el pH varía en un rango de 6 a 6.5.

4.2 Porcentaje de mosto sólido

Tabla 4.

Cantidad de mosto sólido obtenido de las diferentes cultivares de plátano en la obtención de alcohol etílico.

Variedad	Mosto sólido
Barraganete	54,98 %
Dominico	61,61 %
Banano	40,59 %
Maqueño	41,00 %
Orito	44,20 %

El contenido de mosto sólido se determinó en porcentajes, y según el análisis de la varianza se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0,05$) entre la media de los tratamientos

para obtención de alcohol, esto indica que el porcentaje de mosto sólido que se puede obtener al finalizar el proceso varía con la variedad de plátano utilizado, el coeficiente de variación obtenido para esta variable fue de 24,89%.

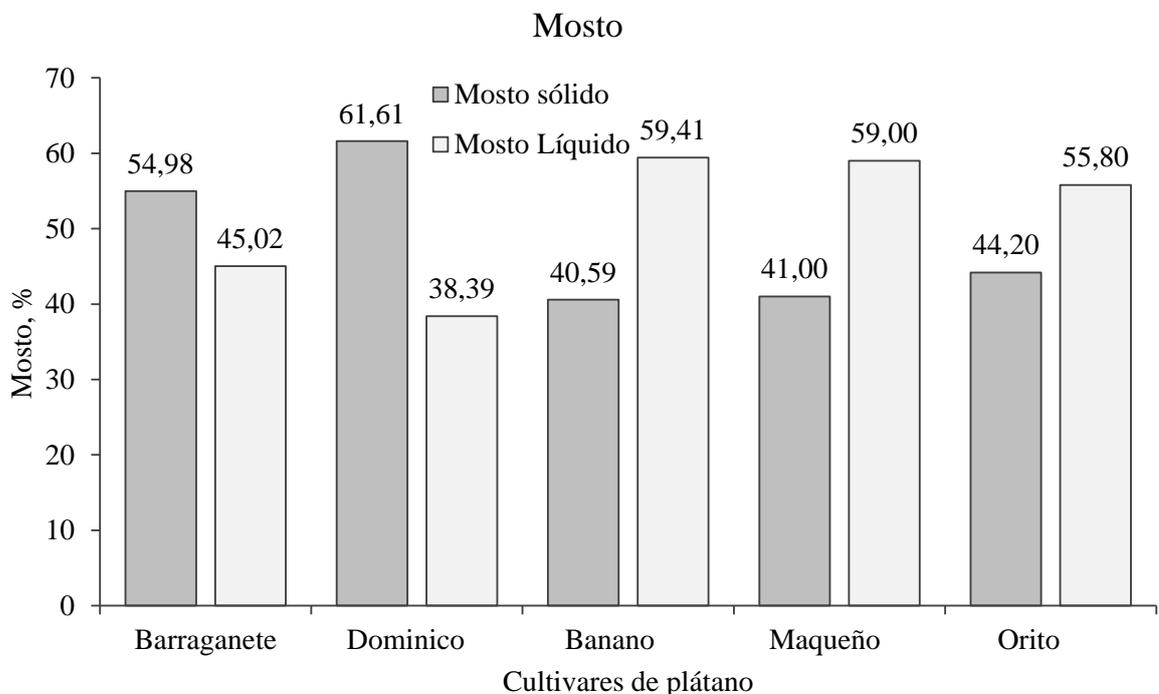
En los resultados obtenidos en el porcentaje de mosto sólido el dominico presentó el mayor porcentaje con 61,61% mientras que el maqueño tuvo el valor más bajo con 41%; en el ensayo de Girón y Funes, (2013) la biomasa sólida de la cáscara de plátano disminuye gradualmente con el aumento del tiempo de fermentación,

4.3 Mosto Líquido %

En el análisis estadístico se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los promedios obtenidos en el mosto líquido de los tratamientos, las cultivares de plátano influyen en el contenido de este parámetro al final del proceso de obtención de alcohol a partir de la pulpa, el coeficiente de variación para esta variable es de 9,04%.

Figura 2.

Cantidad de mosto líquido y mosto sólido (%) obtenido de las diferentes cultivares de plátano en la obtención de alcohol etílico.



Nota. En la figura 4 se determina el porcentaje de mosto de los diferentes cultivares.

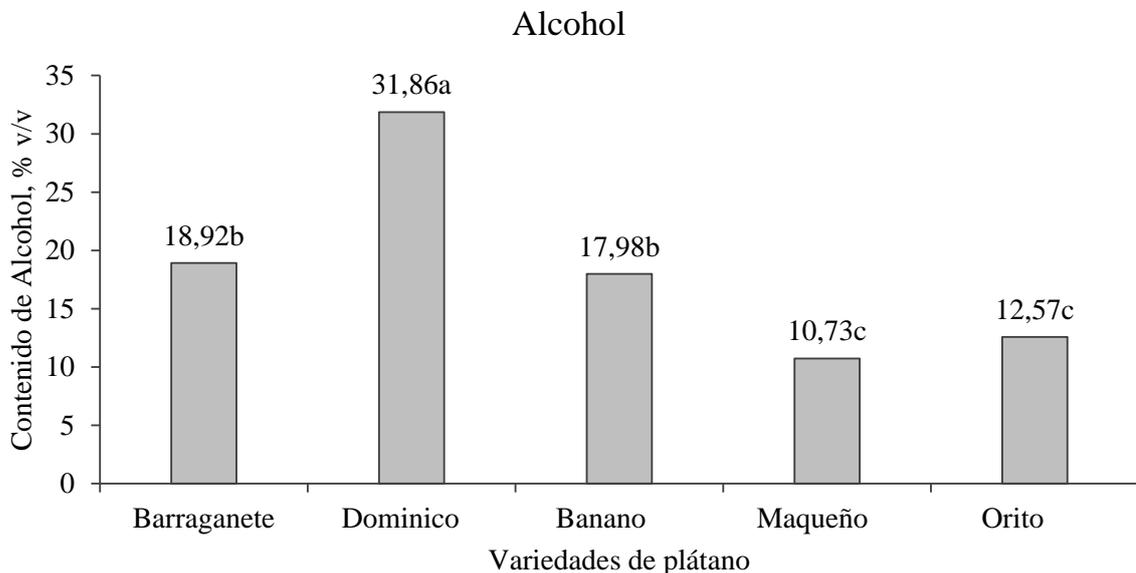
La prueba de Tukey determinó que las variedades banano y maqueño obtuvieron la mayor cantidad de mosto líquido (%) con un promedio de 59,21 % mientras que el dominico fue el de menor contenido con 38,39%; en la investigación de Neira *et al.*, (2017) se ingresaron una cantidad de 3575 ml de líquido en el proceso de fermentación y terminó con apenas 520 ml lo que representa el 12,27% de alcohol de banano como producto final.

4.4 Porcentaje del volumen del alcohol destilado

En lo relacionado a la cantidad de alcohol el análisis de la varianza determinó que existe diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los niveles de alcohol presente en las diferentes mezclas de los tratamientos, lo que demuestra que las cultivares de plátano alcanzan diferentes niveles de alcohol en la obtención final del alcohol etílico, el coeficiente de variación alcanzado fue de 0,04%.

Figura 3.

Nivel de alcohol obtenido de las diferentes cultivares de plátano en la obtención de alcohol etílico.



Nota. En la figura 3 se determina el porcentaje de volumen de alcohol de los diferentes cultivares.

En cuanto a los niveles de alcohol el dominico alcanzó el mayor porcentaje con el 31% de alcohol, seguido del banano y barraganete con 17,98% y 18,92% respectivamente, el

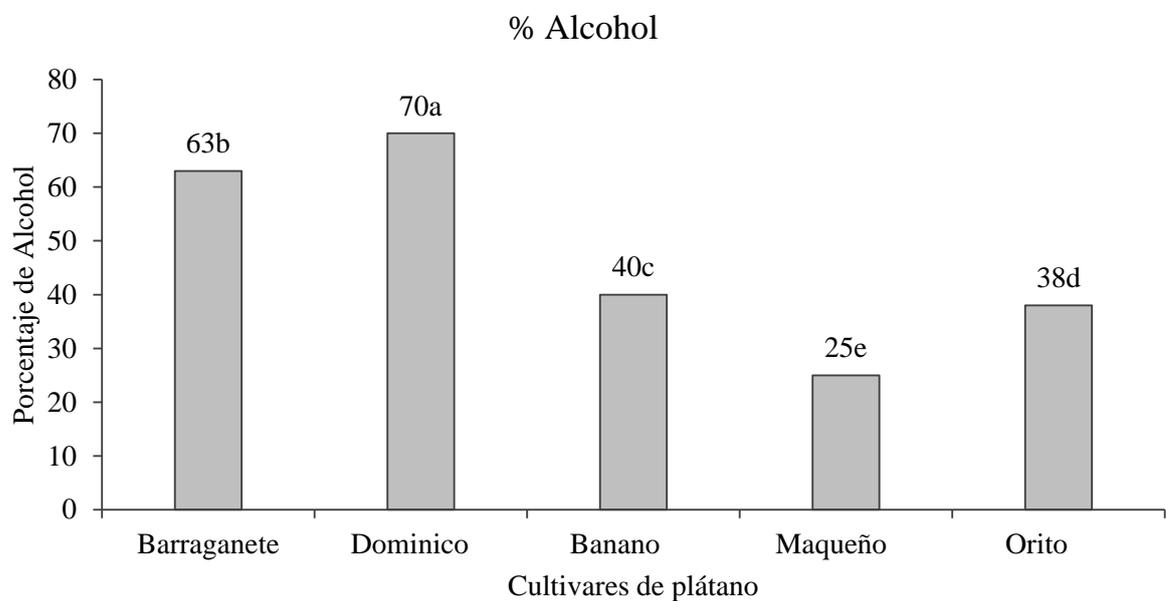
orito alcanzó valores de 12,57% mientras que con la menor cantidad de alcohol se reportó el maqueño con 10,73%.; en la investigación de Monsalve et al., (2006) el contenido de etanol encontrado en los tratamientos de la cascara de banano fueron significativos con altas aplicaciones de azúcar reductoras, mientras que en las dosis medias y bajas la cantidad de etanol fue muy baja.

4.5 % de Alcohol en v/v

Para el porcentaje de Alcohol en las mezclas con las diferentes cultivares de plátano (Figura 4) fue más alta en el dominico con el 70% de alcohol concentrado, mientras que el barraganete alcanzó el 63%, las demás cultivares incluida el banano, maqueño y orito se mantuvo por debajo del 50%, siendo el maqueño el de menor porcentaje con el 25%, este valor inferior es similar al obtenido en mango en el que apenas se alcanzó un 25% de alcohol a partir de la fermentación y destilación del mosto (Zambrano, 2015).

Figura 4.

Porcentaje de alcohol obtenido de las diferentes cultivares de plátano en la obtención de alcohol etílico.



Nota. En la figura 4 se determina el porcentaje de alcohol de los diferentes cultivares.

(Macías, 2015) realizó un experimento en el cual evaluó 3 cultivares de musáceas y su contenido de alcohol alcanzando resultados superiores a los 30% en la variedad Valery, mientras que en el morado obtuvo apenas un 25% esto en condiciones de maduración de la

fruta, por otra parte, cuando la fruta estaba verde los porcentajes no superaron el 20% en la variedad más alta (Valery).

4.6 Costo de producción

Según los resultados obtenidos, en mejor ensayo es el dominico con un costo de producción directo por litro de 0,0037 al 70% de alcohol.; estos valores son similares a los encontrados en la investigación de Guacho, (2021) en el que el costo no superó el centavo para la producción por ml de alcohol de grado 49. (Ponce, 2013) realizó un estudio de obtención de etanol a partir de la cascara de plátano en la cual concluye que la elaboración de 1litro de etanol tuvo un equivalente de \$10,80.

Tabla 5.

Detalle del costo de producción de la obtención de etanol a partir del mosto de dominico.

descripción	cantidad	unidad	costo u	costo total
dominico	1	kg	0,06	0,06
levadura	25	g	0,01	0,25
azúcar	0,3	kg	1	0,3
jugo de limón	150	ml	0,003	0,45
agua	6	l	0,0001	0,0006
			CPT	1,0606
			VOLUMEN	284
			COSTOS/ml	0,0037

CONCLUSIONES

1. Se obtuvo rendimientos del v/v de alcohol siendo el dominico el mayor con un 31.86% seguido del barraganete y banano con 18.92% y 17.98% el orito alcanzó valores de 12.57% mientras que el maqueño presentó el menor rendimiento con 10.73%.
2. Se determinó que el porcentaje de v/v de alcohol varía dependiendo las variedades de Musáceas alcanzando un 70 % el dominico, el barraganete 63 % seguido del banano con 40 % siendo los más bajos el orito y el maqueño con 38 % y 25 % respectivamente.
3. Las Musáceas constituyen una materia prima útil para la producción de alcohol mediante el uso de procesos de fermentación y destilación.
4. Se determinó mediante el análisis químico que el pH del orito fue de 4.7 del banano 4.1 mientras que el barraganete y el maqueño sus valores fueron similares con 3.8 y el dominico alcanzó un valor de 3.87.
5. Se concluye que para la elaboración de alcohol el dominico presentan un costo de producción con \$ 0,0037 por ml.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso del dominico hartón por la cantidad favorable de alcohol que se puede obtener por encima de las demás musáceas, así mismo, en la cantidad de mosto sólido junto al barraganete.
2. Durante la elaboración del producto se implementó algunas recomendaciones que se deben de tomar en cuenta a la hora de obtener alcohol por medio de la fermentación y posterior destilación del mosto estas son: comprar plátanos grandes, dejar madurar hasta que estos adquieran las características adecuadas para obtener mayor cantidad de mosto durante el licuado y un estado de madurez óptimo para mayor contenido de azúcar. (Brix)

BIBLIOGRAFÍA

- Alcívar, A., Barreiro, J., Navia, J., Velásquez, S., & Vinces, W. (2019). Obtención de alcohol a partir de la fermentación anaerobia del mosto de uva. *REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA ARBITRADA YACHASUN - ISSN: 2697-3456*, 3(5), 1-7.
<https://doi.org/10.46296/yc.v3i5.0015>
- Alonso, L., & Pérez, L. (2019, noviembre 22). *Producción de bioetanol a partir de plátano (Musa paradisiaca L.) verde con cáscara*. XV Reunión de la Red Mexicana de Bioenergía. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13430.55366>
- Arango, A., Barbutin, H., & Parra, J. (2018). Productos de valor agregado a partir de residuos de cosecha y post-cosecha del plátano para el desarrollo territorial del Municipio de San Juan de Urabá. *XVIII Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica*, 3(1), 1-21.
- Armendariz, I., Landázuri, P., & Ulloa, S. (2014). *Buenas Prácticas para el Control del Picudo del Plátano, Cosmpolites sordidus, en Ecuador*.
- Bello, J. E., Balois, R., Sumaya, M. T., Juárez, P., Rodríguez, A. I., Sánchez, L. M., & Jiménez, E. I. (2014). Extracción y caracterización reológica de almidón y pectina en frutos de plátano «Pera» (Musa ABB). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(SPE8), 1501-1507.
- Borja, G. I. (2018). *Análisis de las estrategias de comercialización y propuesta de un plan de marketing para la empresa VIMTICORP S.A. exportadora de frutas tropicales*. [Grado, Universidad Politécnica Salesiana].
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16096>
- Cachay, L. (2017). *Maduración controlada y color de bananos* (p. 81) [Informe de Ingeniería]. Universidad Nacional de San Martín.
- Campos, H. S., & Porrás, J. J. (2019). *Evaluación de eficiencia de la harina de cáscara de plátano (Musa spp) utilizando un filtro casero, para la adsorción de hierro y*

manganeso en agua para consumo humano, barrio Miramayo, distrito de Yantaló – Moyobamba – San Martín [Grado, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto].
<http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3287>

da Cunha, J. A., Rolim, P. M., Damasceno, K. S. F. da S. C., de Sousa Júnior, F. C., Nabas, R. C., & Seabra, L. M. J. (2020). From seed to flour: Sowing sustainability in the use of cantaloupe melon residue (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*). *PLoS One*, *15*(1), e0219229. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219229>

Espinoza, S. V. (2015). *Obtención de alcohol etílico a partir del almidón de banano (cavendish gigante) en la provincia de El Oro, El Guabo 2014*. [Grado, Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/2865>

FAO. (2020, abril 7). *Producción animal* [ONG]. AnimalProduction.
<http://www.fao.org/animal-production/es>

FAOSTAT. (2022, mayo 1). *Cultivos y productos de ganadería* [FAOSTAT]. fao.org.
<https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>

Farfán, D. L. (2020). Evaluación de la textura y pérdida de peso del plátano (*Musa paradisiaca*) bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa durante su almacenamiento. *Universidad Nacional de Piura*.
<http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2731>

FHIA. (2008). *Maduración controlada de plátano*.
<https://www.yumpu.com/es/document/read/14675246/maduracion-controlada-de-platano>

Galeano, F. J. C., & Aguirre, J. C. L. (2011). Caracterización física del fruto en variedades de plátano cultivadas en la zona cafetera de Colombia. *Acta Agronómica*, *60*(2), 176-182.

Girón, G. M., & Funes, L. J. (2013). *Obtención de alcohol etílico por medio de fermentación alcohólica de las cáscaras de musa paradisiaca (plátano) utilizando como microorganismo productor saccharomyces cerevisiae (levadura)* [Grado, Universidad de El Salvador]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4719/>

- Grupo El Comercio. (2011, abril 2). Tres tipos de plátano se cosechan. *El Comercio*, 1.
- Guacho, J. C. (2021). *Evaluación del grado alcohólico de la cáscara de banano (Musa x paradisiza) fermentada con tres tipos de levadura* [Grado]. Universidad Agraria del Ecuador.
- Guerrero, E. A., & Mathias, A. M. (2017). *Desarrollo de la pequeña industria agrícola de plátano para exportación al mercado de europa occidental, específicamente inglaterra, en presentación de snack de chifles* [Arizona State University].
<https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2010>
- IICA. (2018). *Manual 5: El mercado y la comercialización* (Primera).
<https://repositorio.iica.int/handle/11324/7088>
- INEC. (2022). *Estadísticas Agropecuarias* (Estadístico N.º 2021). Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- INEN. (2009). *Etanol Anhídrido. Requisitos*.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2478.pdf>
- López, J. A., & Pérez, J. (2011). *Historia natural de los plátanos y las bananas*.
<https://digital.csic.es/handle/10261/93714>
- López, L. E., Zumalacárregui, L., & Pérez, O. (2019). Análisis de componentes principales aplicado a la fermentación alcohólica. *Revista Científica de la UCSA*, 6(2), 11-19.
<https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2019.006.02.011-019>
- Macías, A. E. (2015). *Implementación de una microplanta productora de alcohol etílico a partir de tres tipos de musáceas* [Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral].
<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/31503>
- Maldonado, R., Carrillo, P., Ramírez, L., & Carvajal, F. E. (2018). Elaboración de una bebida fermentada a base de quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Enfoque UTE*, 9(3), 1-11.

- Martínez, M. E., Balois, R., Alia, I., Cortes, M. A., Palomino, Y. A., & López, G. G. (2017). Poscosecha de frutos: Maduración y cambios bioquímicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(SPE19), 4075-4087. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i19.674>
- Mejía, G. (2018). *Guía Técnica Cultivo de Plátano*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. <https://www.centa.gob.sv/download/guia-tecnica-cultivo-de-platano/>
- Monroy, A., Narváez, E., Vera, B., & Bautista, L. (2017, diciembre). Generación de bioetanol como combustible alternativo a partir de compuestos lignocelulósicos a nivel laboratorio. *Revista de Energía Química y Física*, 4(1), 49-57.
- Moreira, J. E., & Solorzano, A. S. (2020). *Obtención de etanol de segunda generación a partir de banano deshidratado residual mediante fermentación alcohólica* [Grado, Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15639>
- Neira, J. A., Aroca, K. M., & Holguín, J. C. (2017). *Optimización del proceso industrial de obtención de ETANOL a partir del banano (Musa paradisiaca)*. [Grado, Universidad Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2178>
- Otero, M. A., Guerrero, I., Wagner, J. R., Cabello, A. J., Sceni, P., García, R., Soriano, J., Tomasini, A., Saura, G., & Almazán, O. (2011). Las levaduras y sus derivados como ingredientes en la industria de alimentos. *Biotecnología Aplicada*, 28(4), 272-275.
- Pacheco, M. (2018, noviembre 8). La venta de etanol para elaboración de la gasolina ecopaís se redujo. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/venta-etanol-elaboracion-gasolina-ecopais.html>
- Pelizer, L. H., Danesi, E. D. G., Rangel, C. de O., Sassano, C. E. N., Carvalho, J. C. M., Sato, S., & Moraes, I. O. (2003). Influence of inoculum age and concentration in *Spirulina platensis* cultivation. *Journal of Food Engineering*, 56(4), 371-375. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00209-1](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00209-1)

- Peñaranda, L. V., Montenegro, S. P., & Giraldo, P. A. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. *RIAA*, 8(2), 141-150.
- Piloso, K. J., Pinargote, E. T., & Montesdeoca, R. R. (2020). Gestión del conocimiento, capital intelectual e innovación de la producción del chifle de plátano (MUSA AAB). *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 10(2), 35-48.
<https://doi.org/10.5377/elhigo.v10i2.10552>
- Piña, G., Laborem Escalona, G., Surga, J., Marín, C., Rangel, L., Espinoza, M., & Delgado, A. (2006). Atributos de calidad en frutos de híbridos FHIA (Musa) para tres ciclos de cosecha. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 23(4), 429-447.
- Quiceno, M. C., Giraldo, G. A., & Villamizar, R. H. (2014). Caracterización fisicoquímica del plátano (*Musa paradisiaca* sp. AAB, Simmonds) para la industrialización. *UGCiencia*, 20(1), 48-54.
- Romero, H., Macías, C., Moreno, A., & Redrovan, F. (2019). Estudio cinético de la producción de bioetanol a partir de residuos agroindustriales de la cáscara de banano maduro. *Industrial Data*, 22(1), 187-202. <https://doi.org/10.15381/idata.v22i1.16534>
- Silva, J. (2018, diciembre 10). *La fruta más producida y consumida del mundo...* [Informativa]. Agrotendencia.tv. <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-banano/>
- Silva, J., Holguin, W. P., & Serrano, C. M. (2021). Agroindustrial Waste As Potential Source for Obtaining Nanocellulose. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*, 1(2), 1033-1043. <https://doi.org/10.18502/epoch.v1i2.9529>
- Singh, A. K., Rath, S., Kumar, Y., Masih, H., Peter, J. K., Benjamin, J. C., Dipuraj, & Singh, P. (2014). Bio-ethanol production from banana peel by simultaneous saccharification and fermentation process using cocultures *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(5), 84-96.

- Solórzano, R. A., Rivadeneira, F. A. M., Zambrano, P. A. V., & Zambrano, R. L. B. (2019). Monitoreo del proceso fermentativo de cuatro licores de frutas (*Passiflora edulis*, *Citrus cinensis*, *Citrus nobilis* y *Citrus máxima*). *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 4(8 (Julio-Diciembre)), 752-764.
- Tenesaca, S. I., Quevedo, J., & García, R. (2019). Determinación de la dosis optima de biocarbón como enmienda edáfica en el cultivo de banano (*musa x paradisiaca*) clon williams. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(3), 134-141.
- Tumbaco, A., Patiño, M., Tumbaco, J., & Ulloa, S. (2015). *Manual para el cultivo de plátano de exportación*. <https://doi.org/10.13140/2.1.1337.4243>
- Valencia, J., Aranzaga, F., & Arcila, M. I. (2022). *La planta de Plátano, sus Variedades y Propagación*. CORPOICA.
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/16732/40928_26500.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Vargas, Y. A., & Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 59-72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>
- Zambrano, F. S. (2015). *Obtención de alcohol etílico a partir de la fermentación y destilación alcohólica del mosto del mango (*mangifera indica*), a partir del rechazo en los cultivos de la hcda. Aranjuez en la parroquia Virgen de Fátima yaguachi—Guayas* [Grado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8186>

ANEXOS**Anexo 1.** ADEVA del pH obtenido de los diferentes mostos de plátano.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,26	4	0,06	4,41	0,0355 *
Repetición	0,04	2	0,02	1,29	0,3276 ns
Error	0,12	8	0,01		
Total	0,41	14			
CV:	3,07%				

Anexo 2. ADEVA del mosto sólido producido al finalizar la fermentación y destilación.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	945258,6	4	236314,65	1,99	0,1898 ns
Repetición	238084,9	2	119042,45	1	0,4096 ns
Error	952339,6	8	119042,45		
Total	2135683,1	14			
CV:	24,89%				

Anexo 3. ADEVA del mosto líquido producido de las diferentes cultivares de plátano.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	1451924,4	4	362981,1	19,97	0,0003 **
Repetición	36360,9	2	18180,45	1	0,4096 ns
Error	145443,6	8	18180,45		
Total	1633728,9	14			
CV:	9,04%				

Anexo 4. ADEVA de la producción de alcohol de las diferentes cultivares.

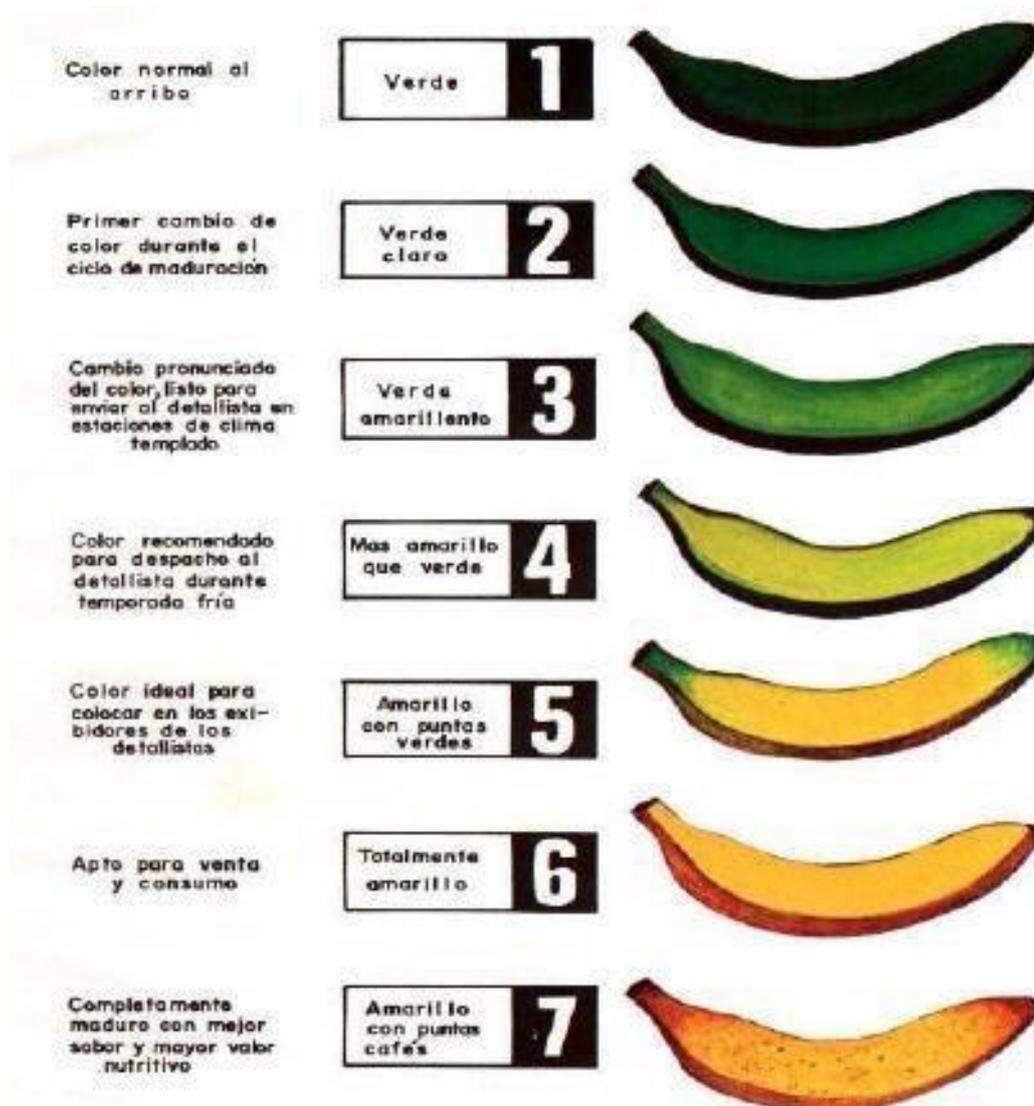
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	30123,6	4	7530,9	6,3692E+15	<0,0001 **
Repetición	3,6E-12	2	1,8E-12	1,54	0,2721 ns
Error	9,5E-12	8	1,2E-12		
Total	30123,6	14			
CV:	0,00%				

Anexo 5. ADEVA del porcentaje de alcohol producido de las diferentes cultivares.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
-------------	-----------	-----------	-----------	----------	----------------

Tratamiento	4196,4	4	1049,1	sd	sd	ns
Repetición	0	2	0	sd	sd	ns
Error	0	8	0			
Total	4196,4	14				
CV:	0,00%					

Anexo 6. Escala de Von Losecke para medir la maduración de frutas



Anexo 7. Mezcla de la preparación de los materiales para la obtención de alcohol etílico.



Anexo 8. Tiempo de fermentación de la mezcla de barraganete.



Anexo 9. Destilado de las cultivares preparadas en la obtención de alcohol etílico.



Anexo 10. Recipiente para el almacenamiento del alcohol obtenido.

