



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL.**

**EVALUACIÓN DEL GRADO ALCOHÓLICO DE LA
CÁSCARA DE BANANO (*Musa x paradisiaca*)
FERMENTADA CON TRES TIPOS DE LEVADURA
TRABAJO EXPERIMENTAL**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERO AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL

**AUTOR
GUACHO ARIAS JEAN CARLOS**

**TUTOR
BLGO. SANTANDER VILLAO OSWALDO, MSc.**

MILAGRO – ECUADOR

2021



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, SANTANDER VILLAGO OSWALDO, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DEL GRADO ALCOHÓLICO DE LA CÁSCARA DE BANANO (Musa x paradisiaca) FERMENTADA CON TRES TIPOS DE LEVADURA", realizado por el estudiante GUACHO ARIAS JEAN CARLOS; con cédula de identidad N°0942192071 de la carrera INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL, Unidad Académica Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

BLGO. SANTANDER VILLAGO OSWALDO
Director de tesis

Milagro, 11 de mayo del 2021



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DEL GRADO ALCOHÓLICO DE LA CÁSCARA DE BANANO (Musa x paradisiaca) FERMENTADA CON TRES TIPOS DE LEVADURA", realizado por el estudiante GUACHO ARIAS JEAN CARLOS, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Gaibor Vallejo Lady
PRESIDENTE

Ing. Villavicencio Yarios Jorge
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Peña Haro Cesar
EXAMINADOR PRINCIPAL

Blgo. Santander Villao Oswaldo
EXAMINADOR SUPLENTE

Milagro, 11 de mayo del 2021

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación se lo dedico en primer lugar a Dios por haberme dado salud, protección y vida durante estos cinco años de vida universitaria, además de brindarme una memoria privilegiada y un carácter inquebrantable para poder cumplir este sueño de graduarme como profesional de la república del Ecuador.

A mis padres quienes han sido un apoyo fundamental en lo económico y en lo moral durante toda mi etapa universitaria y en especial en este trabajo de titulación universitaria.

A los docentes de la Universidad Agraria del Ecuador de la carrera Ingeniería Agrícola Mención Agroindustrial por haberme compartido su confianza y sobre todo sus conocimientos durante toda esta etapa universitaria.

Agradecimiento

Mis más sinceros agradecimientos a mi familia, amigos, compañeros de grupo que de una manera u otra han aportado con un granito de arena para poder cumplir esta meta.

De manera especial a dos docentes a mi tutor de tesis Blog. Oswaldo Santander quien ha sido un excelente educador y un gran consejero para poder seguir adelante y al Ing. Alex Castro quien ha sido una persona fundamental para mi crecimiento estudiantil, ya que me ha brindado consejos acerca de cómo manejarme académicamente.

De la misma manera a mis abuelitos Pedro Guacho y Julia Bermeo quienes han sido un modelo a seguir inculcándome valores esenciales para la vida y sobre todo a no rendirme jamás frente a cualquier adversidad y eso ha sido fundamental para poder mantenerme en pie y cumplir una meta más en mi vida.

Por último, quiero agradecer de manera especial a la empresa Sociedad de Destilación de Alcoholes (Soderal S.A) por haberme facilitado su laboratorio para poder realizar el producto final y los análisis correspondientes.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo GUACHO ARIAS JEAN CARLOS, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre "EVALUACIÓN DEL GRADO ALCOHÓLICO DE LA CÁSCARA DE BANANO (Musa x paradisiaca) FERMENTADA CON TRES TIPOS DE LEVADURA" para optar el título de INGENIERA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, 11 de mayo del 2021

Jean Guacho A.
GUACHO ARIAS JEAN CARLOS
C.I. 0942192071

Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Autorización de Autoría Intelectual.....	6
Índice general.....	7
Índice de tablas.....	10
Índice de figuras.....	11
Resumen.....	12
Abstract.....	13
1.Introducción.....	14
1.1 Antecedentes del problema.....	14
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	15
 1.2.1 Planteamiento del problema.....	15
 1.2.2 Formulación del problema.....	15
1.3 Justificación de la investigación.....	16
1.4 Delimitación de la investigación.....	16
1.5 Objetivo general.....	17
1.6 Objetivo específicos.....	17
2. Marco Teórico.....	18
2.1 Estado del arte.....	18
2.2 Bases teóricas.....	22
2.3 Marco legal.....	47
3. Materiales y métodos.....	50

3.1 Enfoque de la investigación.....	50
3.1.1 Tipo de investigación.....	50
3.1.2 Diseño de investigación.....	50
3.2.1 Variables.....	51
3.2.1.1 Variable independiente.....	51
3.2.1.2 Variable dependiente.....	51
3.2.2 Tratamientos.....	51
3.2.3 Diseño experimental.....	52
3.2.4 Recolección de datos.....	52
3.2.4.1 Recursos.....	52
3.2.4.2 Métodos y técnicas.....	55
3.2.5 Análisis estadísticos.....	58
4. Resultados.....	60
4.1 Análisis e interpretación de datos en los parámetros físico-químicos.....	60
4.2 Análisis de cromatografía para determinar la presencia de metanol en el alcohol obtenido.....	63
4.3 Análisis de costo de producción para la obtención de alcohol.....	64
5. Discusión.....	67
6. Conclusiones.....	69
7. Recomendaciones.....	70
8. Bibliografía.....	72
9. Anexos.....	81
9.1 Proceso de obtención de alcohol.....	81
9.2 Análisis de varianza en el software Infostat.....	89

9.3 Análisis de cromatografía para el tratamiento número uno.....	93
9.4 Análisis de cromatografía para el tratamiento número dos.....	94
9.5 Análisis de cromatografía para el tratamiento número tres.....	95

Índice de tablas

Tabla 1. Tratamientos para obtener etanol a través de la fermentación de las cáscaras de banano.....	51
Tabla 2. Modelo de análisis de varianza para las variables cuantitativas.....	59
Tabla 3. Análisis físico-químicos en los tres tratamientos.....	60
Tabla 4. Costo de producción para la elaboración de un litro de alcohol a 49 Grados utilizando Levadura <i>Saccharomyces Cerevisae</i>	65
Tabla 5. Costo de producción para la elaboración de un litro de alcohol a 49 Grados utilizando Levadura <i>Pedra</i>	65
Tabla 6. Costo de producción para la elaboración de un litro de alcohol a 49 Grados utilizando Levadura <i>FT 858</i>	66
Tabla 7. Datos de los análisis fisicoquímicos para pH.....	89
Tabla 8. Datos de los análisis fisicoquímicos para Grados Brix.....	90
Tabla 9. Datos de los análisis fisicoquímicos para temperatura.....	91
Tabla 10. Datos de los análisis fisicoquímicos para Grado alcohólico.....	92

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de etanol a través de la fermentación de la cascara de banano.....	56
Figura 2. Evaluación de análisis físico-químicos en los tres tratamientos.....	62
Figura 3. Análisis de cromatografía.....	63
Figura 4. Selección de materia prima.....	81
Figura 5. Pelado del banano.....	81
Figura 6. Pesado y lavado de cáscara de banano.....	82
Figura 7. Troceado de cáscara de banano.....	82
Figura 8. Cocción de cáscara de banano.....	83
Figura 9. Licuado de cáscara de banano.....	83
Figura 10. Pesaje de levaduras.....	84
Figura 11. Pesaje de agua y mosto.....	84
Figura 12. Envasado del mosto.....	85
Figura 13. Proceso de fermentación.....	85
Figura 14. Análisis de pH y Grados Brix.....	86
Figura 15. Medición de temperatura.....	86
Figura 16. Destilación de mosto y medición de grado alcohólico.....	87
Figura 17. Medición de grado alcohólico para los tratamientos dos y tres.....	87
Figura 18. Datos de los análisis fisicoquímicos en los tres tratamientos.....	88

Resumen

La investigación realizada se enfoca sobre la evaluación del grado alcohólico de la cáscara de banano fermentada con tres tipos de levadura. El primer tratamiento con cinco repeticiones estuvo conformado por 60 % de cáscara de banano, 39.98 % de agua y 0.02 % de levadura *Saccharomyces Cerevisiae*, el segundo tratamiento con cinco repeticiones por 60 % de cáscara de banano, 39.98 % de agua y 0.02 % de levadura *Pedra* y el tercer tratamiento con cinco repeticiones por 60 % de cáscara de banano, 39.98 % de agua y 0.02 % de levadura *Ft 858*. Las tres formulaciones pasaron por un análisis físico-químico para determinar el pH, grado Brix, Temperatura y grado alcohólico del mosto fermentado de la cáscara de banano, del cual se obtuvo el mejor tratamiento para elaborar alcohol a través de la fermentación del mosto de banano siendo el tratamiento número tres el que presentó un mejor valor en los parámetros físico-químicos antes mencionados. Posteriormente al alcohol obtenido se le realizó un análisis de cromatografía para determinar la presencia de congéneres volátiles obteniendo los siguientes resultados acetaldehído con 16.92304, Metanol 44.03238, Isopropanol 6.95062×10^{-2} , N-propanol 22.26849, Esteres 13.19221, Isobutanol 75.23463, Isoamílico 174.86734, Amílico 4.12312×10^{-2} y furfural 1.64134 mg por cada 100 centímetros cúbicos de alcohol y en base a estos resultados se concluye que el alcohol destilado no es apto para el consumo humano sino para elaborar productos como: acetonas, esmaltes, cosméticos, pinturas, combustibles debido a la cantidad elevada de congéneres que poseen.

Palabras Claves: análisis físico-químicos, Cáscara de banano, cromatografía, Grado alcohólico, levaduras, metanol.

Abstract

The research carried out focuses on the evaluation of the alcoholic degree of the banana peel fermented with three types of yeast. The first treatment with five repetitions was made up of 60% banana peel, 39.98% water and 0.02% *Saccharomyces Cerevisiae* yeast, the second treatment with five repetitions for 60% banana peel, 39.98% water and 0.02% of *Pedra* yeast and the third treatment with five repetitions for 60% banana peel, 39.98% water and 0.02% yeast *Ft 858*. The three formulations underwent a physical-chemical analysis to determine the pH, Brix degree, Temperature and degree alcoholic content of the fermented must of the banana peel, from which the best treatment was obtained to produce alcohol through the fermentation of the banana must, treatment number three being the one that presented the best value in the aforementioned physical-chemical parameters. After the alcohol obtained, a chromatography analysis was performed to determine the presence of volatile congeners, obtaining the following results: acetaldehyde with 16.92304, Methanol 44.03238, Isopropanol 6.95062×10^{-2} , N-propanol 22.26849, Esters 13.19221, Isobutanol 75.23463, Isoamyl 174.86734, Amyl 4.12312×10^{-2} and furfural 1.64134 mg per 100 cubic centimeters of alcohol and based on these results it is concluded that distilled alcohol is not suitable for human consumption but to produce products such as: ketones, enamels, cosmetics, paints, fuels due to the high amount of congeners they have.

Keywords: physical-chemical analysis, banana peel, chromatography, alcoholic degree, yeast, methanol.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

El presente proyecto trata sobre la obtención de etanol a través de la fermentación de la cáscara del banano (*Musa x paradisiaca*) por medio de la fermentación de azúcares, vale recalcar que este proceso se puede realizar con productos vegetales como la remolacha, mangos, caña de azúcar y cereales ya que al ser alimentos con alta cantidad de azúcar y al entrar en contacto con la levadura su fermentación es más rápida permitiendo obtener este tipo de alcohol (Arce, 2017).

El Codex Alimentarius afirma que el etanol es un alcohol utilizado por todas las industrias procesadoras de bebidas alcohólicas, perfumerías y farmacéuticas pero el principal problema que surge con la utilización de este tipo de alcohol es que las industrias que lo fabrican lo venden a un precio muy elevado además que su materia prima solo se la puede conseguir de julio a diciembre ya que en estos meses son dónde se cosecha la caña de azúcar, por esta razón nace la idea de sustituir el jugo de caña de azúcar por el mosto proveniente de la cáscara de banano para la fabricación de alcohol, ya que les brindara las mismas características de un alcohol normal, además de que su precio va a ser más económico y su materia prima se obtendrá durante un año entero permitiendo solucionar el desabasto de alcohol a los pequeños emprendedores.

Este trabajo tuvo como propósito obtener el alcohol de una manera diferente a través de la cáscara de banano ya que al ser una fruta rica en azúcar su fermentación va a ser más rápida, además de que su materia prima va a ser más fácil de conseguir debido a que se utiliza solo la cáscara del banano que se la puede conseguir en lugares donde venden batidos o en nuestro hogar ya que comúnmente

estas cáscaras son botadas a la basura, debido a que la mayoría de la población no conoce los usos que se puede dar a este tipo de desperdicio (Cabrera, 2017).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

Este proyecto de titulación trata de solucionar la falta de desabastecimiento de alcohol a los pequeños mercados dedicados a la venta de alcohol industrial y alcohol en gel en el cantón Marcelino Maridueña, este problema de desabasto de etanol surgió a partir de la pandemia que se presentó en el país debido a que las grandes empresas destiladoras de alcohol empezaron a destinar su producto a mercados mayoristas como farmacias, perfumerías, industrias cerveceras, dejando en el olvido a los pequeños mercados, es por esta razón que nació la idea de obtener alcohol de una forma casera aprovechando los desperdicios de la cáscara de banano que se desechan continuamente en el cantón Marcelino Maridueña, estos desechos orgánicos al poseer una gran concentración de azúcar en sus cáscaras, va a ser de gran utilidad para facilitar la fermentación alcohólica, permitiendo obtener un alcohol de excelente calidad que va a tener las mismas características que las producidas por las grandes empresas destiladoras con la diferencia de que este alcohol producido va a ser destinado exclusivamente a los mercados menores, en cuanto a su precio este va a ser más económico y de esta manera tratar de solucionar la falta de alcohol a los pequeños emprendedores dedicados a la venta de alcohol industrial y alcohol en gel en el cantón coronel Marcelino Maridueña.

1.2.2 Formulación del problema

¿Qué influencia tendrá las levaduras en el grado alcohólico obtenido de la fermentación de la cáscara del banano?

1.3 Justificación de la investigación

La investigación se realizó con la finalidad de obtener alcohol de una manera casera aprovechando la cáscara de banano, ya que desde tiempo atrás este tipo de cáscara es desechada, debido a que la mayoría de la población no conoce sus usos por esta razón este tipo de investigación trata de dar conocer que a través de este tipo de cáscara y con la ayuda de la fermentación de sus azúcares se puede obtener alcohol y de una manera u otra motivar a las personas a realizar este tipo de práctica, además este tipo de investigación va ayudar a obtener alcohol de una forma más económica y de esta manera permitir un ahorro importante en su economía, ya que las grandes empresas de elaboración de alcohol además de vender su producto a un precio muy elevado, margina a las microempresas por esta razón esta investigación permitirá obtener un alcohol más económico y más natural y con grandes beneficios, ya que las investigaciones han arrojado que las cáscaras de banano son una gran materia prima para obtener etanol debido a la cantidad elevada de azúcar que contienen.

1.4 Delimitación de la investigación

Espacio: La investigación se realizó en el cantón coronel Marcelino Maridueña en la empresa Sociedad de Destilación de Alcoholes S.A (Soderal) en el laboratorio de control de calidad.

Tiempo: El tiempo que llevo ejecutar esta investigación en todos sus aspectos, físico-químicos fue alrededor de un semestre tiempo en el cual tanto el producto como la investigación fueron entregados para su posterior aprobación.

Población: Este trabajo se realizó para obtener alcohol del desperdicio del banano y servirá de gran ayuda a las personas que se dedican a la venta de alcohol industrial y alcohol en gel perteneciente al Cantón Marcelino Maridueña, cabe

resaltar que las personas que se dedican a este emprendimiento son alrededor de 5 personas cuya edad radica alrededor de 45 años.

1.5 Objetivo general

Evaluar el grado alcohólico obtenido de las tres fermentaciones de la cáscara de banano fermentada con tres tipos de levaduras previa a la caracterización físico-química del mosto.

1.6 Objetivos específicos

- Determinar los parámetros físico-químicos (pH, grados Brix, temperatura, Grado alcohólico) del mosto obtenido de la cáscara de banano.
- Analizar mediante cromatografía la existencia de metanol en el etanol obtenido.
- Calcular el costo de producción para la obtención de etanol.

1.7 Hipótesis

La aplicación de las tres levaduras inoculadas en los mostos proveniente de la cáscara de banano permitirá generar un grado alcohólico elevado durante la fermentación.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Medina (2016) indicó que en este trabajo se evaluó la fécula de almidón presente en la yuca y de la glucosa empernada en el cascarón de banano y su posterior transformación a alcohol, se calcularon los medios de fermentación para las levaduras *Saccharomyces cerevisiae* NRRL Y-2034 y *Zymomonas mobilis* CP4. Se especificó la cáscara de guineo, la cual contiene fécula de almidón, glucosa y hemicelulosa que constituye más del 80 % de la cáscara como fuente de carbono.

Acevedo (2019) afirma que la hidrólisis ácida de cáscara de banano produce 20 g/l de azúcares reductores. Para la Yuca con 170 g/l de almidón a; pH 0.8 en 5 horas se logra conversión completa a azúcares reductores y no se nota ningún efecto inhibitorio por parte de los cultivos realizados con cáscara de banano y yuca por la presencia de cianuro en la yuca y por la formación de compuestos tóxicos al hidrolizar la celulosa en banano. Para la fermentación elaborada con levadura *Saccharomyces cerevisiae* se obtiene una proporción de alcohol de $7.92 \pm 0.31\%$ y no se observa una producción enorme de alcohol (menor de 0.1 g/l) para ninguno de los medios fermentados con levadura *Zymomonas mobilis*.

Motoa (2017) reveló que también es viable adquirir alcohol a partir de cereales como el maíz, y otros tubérculos que, sometidos a un proceso de fermentación, prensado, destilado tres veces, a nivel industrial en las grandes estructuras de destilación. Cabe indicar que los desperdicios de frutas y otros vegetales, se pueden recoger de los mercados callejeros que al final de sus jornadas de trabajo, les quedan desechos de origen vegetal que sometidos a un proceso de fermentación, prensado y destilación se podría obtener alcohol por transformación de azúcares.

Ibañez (2015) indagó que para obtener etanol a partir del almidón de las frutas se requiere romper las cadenas de este polisacárido para la obtención de jarabe de glucosa y maltosa, el cual se puede convertir en etanol mediante las levaduras. Por ello se debe incluir una etapa adicional de hidrólisis (rompimiento, degradación) de este biopolímero. De cada 100 gramos de almidón se puede obtener teóricamente 111 g de glucosa, lo que implica una relación estequiometría de 9:10.

Cartagena (2015) demostró que en la producción de etanol a partir de sustratos como harina integral de trigo y harina integral de maíz, desarrollando los procesos de sacarificación fermentación simultáneos, encontraron rendimientos de 87-89% de valor teórico, además de reducir en 5 horas el tiempo de proceso, lo que aumentó la productividad, así mismo se alcanzó concentraciones de 8% en volumen de etanol al cabo de 35 horas de proceso, partiendo de un hidrolizado de harina de maíz 1:3 (harina/agua), 85 °C, pH 6.0 y 1 hora de proceso como condiciones de la licuefacción.

Aray (2016) afirma que la cepa de *Saccharomyces cerevisiae* IFI 256 cumple todas estas características de forma eficiente, resistiendo pH comprendidos entre 4,5 – 4,0. Su temperatura óptima de trabajo es de 32°C. Resiste altas concentraciones de azúcares, 22%v/v. También soporta altas cantidades de alcohol. La levadura del tipo *Saccharomyces cerevisiae* permite una conversión aproximada del 85% al cabo de 32 horas y del 90% al cabo de 75 horas en la producción de etanol. Su porcentaje en peso de carbono es del 45%, de oxígeno el 30,6%, de hidrógeno el 6,8% y de nitrógeno el 9%.

Letrán (2016) investigó que la levadura *Zymomonas mobilis* presenta un buen número de ventajas para su aplicación en la fermentación de biomasa, tiene la tolerancia osmótica a concentraciones superiores de azúcares con un máximo de

400 g/l. En el caso de la levadura su límite máximo de concentración de azúcar es de 1 g/l. Esto hace que el proceso sea más rentable ya que si hay más sustrato hay más producción de etanol y más rápido crecimiento celular, tiene una tolerancia mayor al etanol, con un máximo en 130 g/l. El etanol actúa como un producto inhibitorio para la actividad de las levaduras y de las bacterias.

Castaño (2016) mencionó que para la fermentación de la transformación de almidón a alcohol por parte de la inoculación de levadura *Saccharomyces Cerevisiae* al mosto de frutas fermentadas fueron: La temperatura (máxima de 37 grados centígrados y mínima de 25 grados centígrados) mediante medición de un termómetro en el mosto fermentado, el pH (nivel máximo de 6, nivel mínimo de 4), mediante medición del pH-metro y la cantidad de grados Brix presente en el mosto (nivel máximo de 12% , nivel mínimo de 6%), por medio del Brixometro manteniendo constante la concentración del mosto fermentado y el tiempo de fermentación de 96 horas.

Vargas (2016) detalló que en esta investigación se realizaron análisis físico-químico y cromatografía a los alcoholes obtenidos provenientes de la destilación del jugo de caña y jugo de naranja donde se encontraron congéneres volátiles en las bebidas alcohólicas obtenidos como: aldehídos, furfural, ésteres y alcoholes superiores que pueden afectar la calidad del alcohol y por lo tanto no pueden ser considerado como alcohol de consumo sino alcohol para elaborar pinturas, cosméticos y combustibles.

Calle (2017) explicó que el resultado del análisis de cromatografía en el alcohol proveniente de la destilación del mosto de banano fermentado es considerado como un alcohol denominado aguardiente o ginebra tendrá un grado alcohólico entre 39 y 50 grados de alcohol medidos en alcoholímetros.

Este alcohol proveniente del mosto de banano fermentado tendrá congéneres volátiles de 120 mg/dm³, de alcohol anhidro, y no tendrá más de 100 mg/dm³, de metanol expresados en alcohol anhidro, el máximo de cobre permitido expresado en Cu será de 1 mg/dm, el máximo de hierro permitido expresado en Fe será de 8 mg/dm³, el contenido de furfural no debe ser detectable.

Espinoza (2017) mencionó que en este trabajo se evaluó por medio del análisis de cromatografía que los alcoholes proveniente de la fermentación y posterior destilación especial de mostos fermentados tales como vinos, zumos de frutas, jugos o de otros productos vegetales como remolacha y papa previamente fermentados pueden ser considerados como alcohol anhidro debido a la cantidad de congéneres volátiles que pueden contener y que pueden afectar la calidad del producto final debido a la presencia de acetaldehídos, esterres, Isopropanol, furfural y metanol además de causar problemas a la salud en caso de consumirlo como nauseas, mareos, pérdida de visión e incluso la muerte.

Luna (2018) realizó un estudio comparativo dónde se evaluó la fermentación y posterior destilación de los mostos provenientes de la cáscara y de la pulpa de banano inoculadas con levadura *Saccharomyces cerevisiae*, se ha usado el siguiente razonamiento que indica que para elaborar una botella de un litro de alcohol a 60 grados se utilizan aproximadamente 70 cáscaras de banano que equivalen a 6356 gramos, mientras que para elaborar un litro de alcohol a 60 grados se utilizaron 30 bananos que equivalen a 2400 gramos, entonces se afirma que la mejor opción para generar alcohol es la pulpa del banano debido a que se gasta menos materia prima y su pulpa contiene más cantidad de azúcar a diferencia de la cáscara de banano que utiliza una mayor cantidad de materia prima para producir alcohol produciendo un déficit económico entre producción y venta del alcohol.

Vazquianez (2018) afirmó que en el estudio realizado al costo de producción de un litro de vino obtenido de la fermentación del banano con proporciones de 65 % de pulpa, 33 % de agua y 2 % de levaduras generaron un gasto económico de \$2.40 dólares en materia prima y materiales que se distribuyeron en 650 gramos de pulpa de banano, 330 ml de agua purificada y 20 gramos de levadura en cuanto a los materiales se utilizó una manguera y una botella plástica de 1 litro obteniendo un gasto \$ 0.60 centavos de dólar, por lo tanto se concluye que producir un litro de vino utilizando como materia prima el banano es ideal para obtener un mayor rendimiento en la producción de mosto debido a la gran cantidad de jugo que produce. En cuanto al precio del vino en el mercado este cuesta aproximadamente \$ 5 dólares obteniendo una ganancia de 2.60 dólares por cada botella de vino producida.

2.2 Bases teóricas

Aspectos generales del banano

Origen

La banana se conoce desde tiempos antiguos, en el Sureste Asiático, en las junglas de Malasia, Indonesia y Filipinas. En Nueva Guinea, hay hallazgos de bananas de hace 5000 años a.C. Los chinos fueron los primeros en cultivar la banana, unos 200 años d.C. Luego, los colonizadores islámicos la llevaron a Palestina. Los árabes la difundieron comercialmente a casi toda África, y de allí pasaron a América Central y meridional. En Europa se propagó por los descubridores de América, en el año 1502, cuando los colonizadores portugueses iniciaron los cultivos en el Caribe y en la América Central. Sin embargo, es en el siglo XIX, cuando comenzaron a ser objeto de intercambio internacional, ya que la falta de transporte adecuado imposibilitó la mercantilización en países no

productores. Con el paso del tiempo la banana se enraizó en la vida moderna, logrando un lugar destacado en el mercado de frutas y hortalizas (Jiménez, 2016).

Pos cosecha del banano

El manejo de poscosecha de banano orgánico inicia desde el corte del racimo hasta que llega al puerto de embarque, pasando por 24 fases que son: determinación del grado de madurez, corte delseudotallo, cosecha del racimo, transporte al cable vía, desenfunde del racimo, transporte a empacadora, recepción de racimos, inspección de la fruta, desflore, lavado, fumigación para cochinilla, desmane, retiro de discos, lavado en tina, selección, clasificación, Lavado en tina, llenado de bandejas, curación de corona, protección de corona, etiquetado, empacado, embarque y transporte al puerto (Benalcazar, 2015).

El banano

El plátano o banano es una fruta amarilla, de forma alargada, que encontramos en el mercado en grupos de tres a veinte, de forma similar a un pepino triangular, y normalmente de color amarillo. Se pueden distinguir algunas variedades por su diferencia de tamaño, color, que puede ser verde, amarillo o rojo. El banano es una fruta que contiene altos niveles de potasio, sacarosa, fructosa y glucosa, nutrientes que al ser consumidos regularmente le proporcionan a nuestro cuerpo energía entre 88 y 95kcal/100g y es una fuente importante de vitamina A y potasio. El consumo en fresco como postre del plátano es el más normal, incluso frito, pero, además, otros plátanos, como el plátano macho, se cocinan y consumen cuando todavía están verdes. Una parte de los plátanos maduros se utiliza para producir crujientes rodajas de plátano deshidratado o harina de plátano.

También en algunas zonas del Este de África los plátanos maduros se usan para elaborar una cerveza con bajo contenido en alcohol. Otros productos son el puré, zumo, licor y golosinas.

Los plátanos se pueden recolectar todo el año, incluso en un año se pueden hacer tres recolecciones y su abundancia depende de la estación. Los destinados a la exportación se recogen verdes y se llevan en barcos frigoríficos hasta su destino. Posteriormente maduran con facilidad en cámaras acondicionadas para ello. En el proceso de maduración el almidón de la fruta se transforma en azúcar y al mismo tiempo se forman las sustancias aromáticas y los ácidos que equilibran la dulzura. Una vez maduros no se deben meter en el frigorífico doméstico porque pierden sabor con el frío y pueden estropearse (Barbosa, 2015).

Variedades de banano en Ecuador

Cavendish Enano:

Porte grande, con las hojas anchas, tolerante al viento y a la sequía y que produce frutos medianos de buena calidad, pero propensos a daños durante el transporte por la delgadez de su cáscara. Tiene la peculiaridad de tener flores masculinas indehiscentes (Escobar, 2017).

Cavendish Gigante:

Porte medio, su pseudotallos tiene un moteado de color pardo, las bananas son de mayor tamaño que el Cavendish Enano, de cáscara más gruesa y sabor menos intenso (Urgiles, 2016).

Valery:

Variante de Robusta más resistente a Sigatoka, pero cuyo fruto es menos firme y ligeramente cerúleo en textura (Alonso, 2018).

Orito

El orito es una variante más pequeña del banano, de aproximadamente 12 cm y con un sabor más dulce que se consume cruda por ser suave y aporta 90 calorías por cada 100 gramos de alimentos.

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 (Acosta, 2018).

Banano Rojo

El plátano rojo destaca por su color y un sabor dulce con un ligero toque de frambuesa. Su origen es de Ecuador y su tamaño es más pequeño y más grueso que el plátano común, con el que comparte la mayoría de sus propiedades. El plátano rojo también es una fruta altamente nutritiva, si bien es rico en calorías, apenas contiene grasas y es muy rico en azúcares y en diferentes minerales, como el potasio (Gómez, 2016).

Valor nutricional.

El plátano maduro es un alimento muy digestivo, pues favorece la secreción de jugos gástricos, por tanto es empleada en las dietas de personas afectadas por trastornos intestinales y en la de niños de corta edad. Posee un elevado valor de energía (1,1-2,7 kcal/100 g), siendo origen de vitaminas B y C, tanto como el tomate o la naranja. Numerosas son los minerales macronutrientes y micronutrientes que poseen, entre ellas las de hierro, fósforo, potasio y calcio (Terán, 2015).

Propiedades Nutricionales del Banano

Posee vitaminas A, C, B1, B2, B6, B9 (ácido fólico) y E

Son ricos en fibra

Tiene minerales como el potasio, magnesio, calcio, selenio, zinc y hierro

Contiene Triptófano, un aminoácido esencial para el cerebro

Posee hidratos de carbono simples y complejos

Contribuye a promover la buena circulación de la sangre

Gracias a su contenido de zinc evita la caída del cabello y favorece la buena salud de la piel (Sotomayor, 2019).

Comercialización.

Rosales (2017) detalla que el envasado se realiza en cajas de cartón, de tipo telescópico, con un peso aproximado de 12 kg o en plátos de 15 kg (este tipo se reserva para la categoría extra).

Ballesterero (2017) explica que el banano en su comercialización se clasifica en tres categorías, extra, primer y segunda, según la normativa europea para el plátano. Los plátanos clasificados en la categoría "Extra" son de calidad superior, los dedos no deben presentar defectos, a excepción de muy ligeras alteraciones superficiales que no sobrepasen en total 1 cm³ de la superficie del dedo.

Producción de banano en Ecuador

El banano es uno de los principales productos de exportación que tiene el país, así como un importante generador de empleo y divisas, por lo que el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) fortalecerá ese sector productivo. El banano se produce en las provincias de Manabí, Los Ríos, Guayas, El Oro, y Esmeraldas.

En el año 2015 la producción de cajas de banano por hectárea se incrementó en un 5% en comparación al año anterior. Esto se debió a que mejoró el precio spot promedio en el año aunque el precio oficial era inferior. Desde hace 25 años, Ecuador es líder en la exportación de banano, actualmente representa el 26% de las exportaciones mundiales.

El país oferta estos tipos de banano: Cavendish, orito o baby banana y banano rojo. Los otros países protagonistas en el mercado del banano son: Filipinas, Guatemala, Costa Rica, Colombia, India, China, Brasil, convirtiendo a América Latina como el continente más importante de producción. Ya que el Ecuador es el primer exportador de banano a nivel mundial. Sus envíos superaron los \$2.657 millones. Al ser un competidor tan fuerte, no pueden pasar desapercibidas las acciones que se lleven a cabo para aumentar su producción (Castillejo, 2017).

Evolución de las exportaciones

Ecuador se mantiene como el principal exportador de banano en el mundo, el 30% de la oferta mundial de banano proviene de Ecuador, representando el 15% del total de las exportaciones y es el segundo rubro de mayor exportación del país dada la demanda de consumidores de los mercados más exigentes, y el hecho de formar parte de la dieta diaria de millones de personas. La exportación de banano ecuatoriano ha tenido un constante crecimiento en los últimos 3 años debido a que los productores han aumentado su productividad por hectárea, es decir, mayor número de cajas por hectáreas producidas (Vasconcelos, 2017).

Usos del banano

La industrialización del guineo es un proceso que se lo puede conseguir de manera artesanal, sólo hay que evaporar el agua del banano, tratarlo y luego aplicar un proceso de trituración, posteriormente se empaca y se obtiene harina de guineo, que la mayoría de la población ecuatoriana la conoce, pero existe otro producto no muy popular en el país que tiene grandes oportunidades de exportación, como es el banano deshidratado en rodajas como tipo golosina, que se lo puede ingerir y este tiene un buen sabor, sin perder el potasio, que lo hace nutritivo, también existen jaleas, mermeladas, alcohol, almidón y puré (Martínez, 2017).

Industrialización del banano

Jaleas, mermeladas y golosinas

La pulpa de plátano se puede aprovechar también en la preparación de jaleas, mermeladas, jarabes y golosinas como los llamados Chips, que son hojuelas preparadas a base de rodajas secas y fritas de la pulpa del fruto verde y que se pueden acompañar de salsas agridulces o picantes o comerse sin aderezos. El tamaño de los chips es variado, y van desde rodajas pequeñas (cortes transversales del fruto) hasta un filete longitudinal.

La jalea, la mermelada y el jarabe se preparan a partir de la pulpa de frutos maduros. La pulpa se macera y se combina con almíbar o azúcar, según sea el caso. Para evitar su oscurecimiento, se deja reposar mezclada con un poco de jugo de limón. La mermelada se prepara adicionando azúcar o almíbar concentrados, y se cuece a fuego bajo mientras se mezcla. En algunos casos se adicionan pectinadas para mejorar su calidad (Cobos, 2019).

Bebidas.

Para la elaboración de bebidas alcohólicas se utilizan frutos maduros y sanos. Los frutos muy maduros pueden emplearse para preparar un jugo energético tipo “néctar”. Se puede utilizar agua caliente para evitar que la pulpa se oscurezca. Las bebidas alcohólicas no destiladas (cerveza, vinillo) se preparan a partir de frutos maduros y sanos, los cuales se lavan abundantemente para eliminar microorganismos que pudieran arruinar la fermentación alcohólica.

La fermentación se realiza en un recipiente cerrado, adaptando una trampa para eliminar el dióxido de carbono que se produce durante la fermentación. El proceso casero o doméstico puede llevar aproximadamente veinte días, pero en la industria el tiempo se reduce significativamente mediante la adición de enzimas que hidrolizan el almidón de la pulpa. Al final se calienta o pasteuriza para detener la fermentación y evitar la degradación del etanol, tras lo cual se filtra y envasa (Cuesta, 2017).

Vinagre.

Al igual que en la fermentación alcohólica, se emplean aquí frutos maduros. Se realiza primero una fermentación alcohólica, la cual se deja más tiempo para que el alcohol sea transformado en ácido acético; después de veinte días, se abre el envase, se recupera el líquido, se diluye para disminuir la concentración del alcohol

y se traspa a un recipiente de mayor capacidad porque se requiere oxígeno para la generación de ácido acético, donde se fermenta. El proceso lleva aproximadamente dos meses. El producto es un vinagre apreciado por su buen aroma y cuerpo (Harris, 2017).

Almidón y derivados.

El almidón es uno de los compuestos biológicos más importantes y un componente vital en la dieta de humanos y animales. Prácticamente, la energía para vivir se obtiene del almidón. Además de su importancia en la industria alimenticia, es importante en la industria textil y del papel, en la fabricación de adhesivos biodegradables (biopegamentos) y en la elaboración de biopelículas y bioplásticos para la fabricación de la recubierta de tabletas farmacéuticas y muchos productos más.

Este polímero se obtiene de cereales, leguminosas y tubérculos, pero siendo el contenido de almidón del plátano equiparable a estas fuentes, los frutos que no son aptos para el consumo son una alternativa para este fin. La aplicación particular del almidón depende de sus propiedades físico-químicas: viscosidad, gelificación, esponjamiento y firmeza. Las variedades de plátanos y bananos contienen almidón con diferentes propiedades, por lo que sus usos pueden ser muy variados (Carcelén, 2015).

Productos elaborados a partir de las Cascaras de banano, pseudotallos y pinzotes

Celulosa y papel.

La celulosa del plátano se obtiene de los pseudotallos y pizotes. Estos se cortan en piezas pequeñas y la celulosa se extrae calentándolos en álcalis como el hidróxido de sodio.

Esta mezcla “cocida” se lava con agua para neutralizar el pH y se muele hasta obtener una pulpa. La masa gelatinosa (la celulosa) se separa por filtración y se aplica como película delgada sobre una superficie plana, que al secarse constituye el papel.

El papel de plátano es de tipo artesanal, muy apreciado por artistas y decoradores de hogares, y es asimismo utilizado para hacer exquisitas invitaciones o hermosas artesanías. La textura depende del tamaño de las fibras, las más largas de las cuales producen un papel más resistente. La calidad de la celulosa de plátano es apta para elaborar también cartón (Harrison, 2018).

Harina para alimentación animal.

Los pizontes, pseudotallos y hojas se deshidratan y muelen para preparar una harina que se utiliza en la alimentación de cerdos y rumiantes, pero las propiedades nutricionales de estas harinas son bajas. Los residuos de las hojas tienen un alto contenido de cenizas y uno bajo de materia orgánica, por lo que su contenido energético es asimismo bajo, así como la proteína.

También ha crecido la tendencia de dar a los cerdos los frutos de plátano, sobre todo cuando se combina la producción comercial de aquel y la cría de cerdos, pero esta práctica resulta costosa al final porque los animales demoran mucho en alcanzar el peso de venta. Los plátanos son una rica fuente energética, pero casi nula de proteína, por lo que algunos porcicultores incluyen harinas o pastas de soya y sorgo para complementar la nutrición. Otros opinan que se obtienen mejores resultados si las harinas se restituyen en leche (Garrido, 2019).

Bioenergía.

Las hojas, pizontes y pseudotallos puede emplearse para generar biocombustibles, como el biogás metano o el bioetanol.

El primero se obtiene por acción bacteriana en recipientes cerrados, mientras que el segundo se genera mediante la fermentación alcohólica de los azúcares obtenidos de la hidrólisis de la celulosa y hemicelulosa.

Para la generación de biocombustibles también pueden aprovecharse los frutos dañados, y para el metano hasta los podridos, siendo así una alternativa para eliminar de las fincas plataneras las hojas infectadas (Canto, 2016).

Fibras

Estos materiales tienen también múltiples aplicaciones. Particularmente se utilizan para extraer la fibra para elaborar artesanías (sombreros, abanicos, zapatos, bolsos, carteras, sacos, etc.) o para la obtención de la celulosa para la fabricación de papel.

Las fibras también se usan para reforzar materiales compuestos debido a su baja dureza, disminuyen el nivel de desgaste en los equipos y tienen propiedades de aislante térmico y acústico, y actualmente han atraído el interés por ser biodegradables, renovables y de bajo costo. Para la producción de fibras se han utilizado Musa textil, M. balbisiana y sus híbridos, así como algunas variedades de M. acuminata. Los materiales se cortan, se extienden para un secado al sol durante dos o tres días y luego las fibras se extraen y se limpian (Castillo, 2017).

Carbohidratos

Valdés (2017) explicó que los carbohidratos denominados hidratos de carbono son azúcares, que se localizan en una gran fuente de alimentos entre las cuales tenemos frutas, granos, verduras y productos lácteos. Por esta razón son calificados como hidratos de carbono, ya que a nivel químico poseen carbono, hidrógeno y oxígeno, este último en una proporción algo más baja. Su principal función en el organismo de los seres vivos es la de contribuir energía.

Los carbohidratos son uno de los grupos nutritivos básicos que son trascendentales para mantener una vida sana. Son macronutrientes, que representan una de las tres formas primordiales de sustancias que usa el organismo humano para conseguir energía o calorías.

Ya que los azúcares suministran al organismo de glucosa, que se transforman en energía, que a su vez se utiliza para conservar las funciones corporales y la actividad física (Cartagena S. , 2019).

Función de los carbohidratos

Su función principal es la energética, también hay ciertos hidratos de carbono cuya función está relacionada con la estructura de las células o aparatos del organismo, sobre todo en el caso de los polisacáridos. Estos pueden dar lugar a estructuras esqueléticas muy resistentes y también pueden formar parte de la estructura propia de otras biomoléculas como proteínas, grasas y ácidos nucleicos. Gracias a su resistencia, es posible sintetizarlos en el exterior del cuerpo y utilizarlos para fabricar diversos tejidos, plásticos y otros productos artificiales (Venegas, 2017).

Fermentación

Se llama fermentación a un proceso de oxidación incompleta, que no requiere de oxígeno para tener lugar, y que arroja una sustancia orgánica como resultado. Es un proceso de tipo catabólico, es decir, de transformación de moléculas complejas a moléculas sencillas y generación de energía química en forma de ATP (Adenosín Trifosfato) (Villen, 2018).

La fermentación consiste en un proceso de glucólisis (ruptura de la molécula de glucosa) que produce piruvato (ácido pirúvico) y que al carecer de oxígeno como receptor de los electrones sobrantes del NADH (nicotin adenin dincleótido)

producido, emplea para ello una sustancia orgánica que deberá reducirse para así re oxidar el NADH a NAD⁺, obteniendo finalmente un derivado del sustrato inicial que se oxida. Dependiendo de dicha sustancia final, habrá diversos tipos de fermentación (Villegas, 2018).

Existen numerosas industrias humanas sacan provecho a la fermentación para obtener determinadas sustancias. Por ejemplo, en las industrias alimenticias del queso, se llevan a cabo procesos de fermentación propiónico, o en la preservación de muchos tipos de comestibles se acude a la presencia del ácido láctico, que actúa como preservante, debido a la fermentación láctica (Martín, 2017).

EN la industria alcohólica, tanto de vinos, cervezas u otro tipo de licores, que requieren de un proceso de elaboración en el que interviene la fermentación alcohólica. Por el contrario, si algunos licores como el vino se dejan destapados mucho rato, el oxígeno añadido iniciará la fermentación acética y la bebida empezará a avinagrarse (Ayala, 2018).

Tipos de fermentación

Fermentación alcohólica.

Llevada a cabo por las levaduras principalmente, produce a partir de ciertos azúcares una cantidad de alcohol etanol, dióxido de carbono y ATP. Este es el proceso empleado para producir las bebidas alcohólicas (Salas, 2019).

Fermentación acética.

Propia de las bacterias del género *Acetobacter*, transforma el alcohol etílico en ácido acético, o sea, el alcohol en vinagre. Es, no obstante, un proceso aeróbico, por lo que puede darse en los vinos expuestos al aire. Es la fermentación bacteriana causada por *Acetobacter*, un género de bacterias aeróbicas que transforma el alcohol en ácido acético (Salgueiro, 2017).

Fermentación láctica.

Consiste en una oxidación parcial de la glucosa, llevada a cabo por bacterias lácticas o por las células musculares animales (cuando se quedan sin oxígeno para respirar). Este proceso genera ATP pero subproduce ácido láctico, lo cual produce al acumularse, la sensación dolorosa de fatiga muscular (Santos, 2018).

Fermentación butírica.

Descubierta por Pasteur, consiste en la conversión de las glucosas en ácido butírico y gas, esto último le confiere un olor típicamente desagradable. Es llevada a cabo característicamente por las bacterias del género *Clostridium* y requiere de presencia de lactosa (Cardona, 2019).

Fermentación butanodiólica.

Se trata de una variante de la fermentación láctica, llevada a cabo por enterobacterias que liberan dióxido de carbono y generan butanodiol, un alcohol incoloro y viscoso (Duarte, 2018).

Fermentación propiónica.

En este proceso intervienen el ácido acético, dióxido de carbono y ácido succínico, y se obtiene de todos ellos ácido propiónico, una sustancia corrosiva con olor acre (Amaya, 2017).

Fermentación alcohólica

García (2016) revela que la fermentación alcohólica es un proceso vivo de fermentación sin oxígeno, causado por la acción de algunas levaduras que procesan la glucosa (por regla general azúcares: como pueden ser por ejemplo la glucosa proveniente de higos, la fructosa de frutas, la sacarosa de caña de azúcar, el almidón de la yuca, etc.) para conseguir como producto final un alcohol industrial proveniente de la fermentación y posterior destilación.

Castillejo (2017) especifica que la fermentación de alcohol tiene como propósito biológico proveer energía anaeróbica a las levaduras sin presencia de oxígeno. Para ello quitan los átomos de glucosa y alcanzan la energía necesaria para vivir, originando el etanol y gas carbónico como desperdicio consecuencia de la fermentación.

Meléndez (2016) manifiesta que una de las principales particularidades de estas levaduras es que sobreviven en ambientes ausentes de oxígeno (O₂), sobre todo durante la reacción química. Por eso se menciona que la fermentación de alcohol es un proceso sin oxígeno.

Condiciones requeridas para la fermentación alcohólica.

Agrupación de azúcares: 10 – 18 %

pH entre 4 y 4,5

Levadura: *Saccharomyces cerevisiae*

Sin presencia de O₂ y presencia de fosfatos.

Temperatura de fermentación: 15 – 25°C, por arriba de 30°C se vaporiza el etanol obtenido (Aguirre, 2017).

Fases de la fermentación

La fermentación pasa por diferentes fases para llegar al proceso de transformación alcohólica que se mencionan a continuación

Fase 1 (primeras 24 horas), predominan levaduras no esporogéneas, que resisten un grado alcohólico 4-5. Son sensibles al anhídrido sulfuroso.

Fase 2 (2^o-4^o día), predomina el *Saccharomyces cerevisiae* que resiste hasta un grado de alcohol entre 8 y 16. En esta fase es cuando se da la máxima capacidad fermentativa.

Fase 3 sigue actuando *Saccharomyces Cerevisiae* junto a *Saccharomyces Oviformes*. También pueden existir otros microorganismos procedentes principalmente de las bodegas y de los utensilios, suelen ser hongos entre los que destacan *Penicillium*, *Aspergillus*, *Oídium* (Sáenz, 2016).

Microorganismo presente en la fermentación alcohólica

Saccharomyces cerevisiae

Saccharomyces cerevisiae es un hongo unicelular muy usado para producir la fermentación de la levadura del pan y en la producción de vino y cerveza. Hasta ahora, su consumo se había considerado beneficioso por sus propiedades biofuncionales y su valor nutritivo intrínseco, y, por otra parte, seguro, dado el carácter "GRAS" (de Generally Recognized As Safe) que se atribuye a esta especie de levadura; sin embargo, actualmente se considera a *S. cerevisiae* dentro del grupo de patógenos oportunistas emergentes de baja virulencia, capaz de causar infecciones principalmente en hospedadores inmunodeprimidos (Magallon, 2017).

Valenzuela (2019) explicó que lo ideal es mantener el medio de cultivo de *Saccharomyces cerevisiae* un pH entre 4,5 y 6, siendo muy común situarlo entre 5,2 y 5,7 para producir una fermentación más elevada.

Condiciones para que se dé una fermentación alcohólica

Temperatura

Las levaduras son organismos vivos que trabajan en ambientes calurosos esto hace que la fermentación alcohólica tenga un nivel de temperaturas desde los 13-14°C hasta los 33-35°C. Dentro de estos valores, cuanto más sea la temperatura mayor será la eficacia del proceso fermentativo de las levaduras a utilizar siendo también mayor la compensación de productos secundarios proveniente de la destilación del alcohol.

Sin embargo, a menos temperatura es más factible obtener un mayor grado alcohólico, ya que parece que las temperaturas altas que hacen fermentar más rápido a estos microorganismos llegan a debilitarlas antes (Borja, 2018).

Aireación

Desde mucho tiempo se asimiló que las levaduras eran organismos anaerobios precisos, es decir, que se debía ejecutar la fermentación sin oxígeno. Sin embargo, es un hecho equivocado ya que necesitan una cierta cantidad de oxígeno. Esta aeración se obtiene en los procesos anteriores a la fermentación y mediante remontados de aireación en la elaboración de tintos (Campuzano, 2019).

Nutrientes y Activadores

Los microorganismos fermentativos requieren carbohidratos para su Catabolismo, es decir para conseguir energía suficiente para sus procesos vitales, pero además requieren otros minerales para su anabolismo como son nitrógeno, fósforo, carbono, azufre, potasio, magnesio, calcio y vitaminas, especialmente tiamina (vitamina B1). Por ello es importante que el medio disponga de una plataforma nutricional apropiada para poder llevar a cabo la fermentación de alcohol (Trejo, 2020).

Concentración de azúcares

La concentración enorme de hidratos de carbono en forma de una molécula de azúcar y disacáridos en forma de dos moléculas de azúcar puede culminar la acción bacteriana. De la misma manera la baja concentración puede parar el proceso. Las concentraciones límite dependen del tipo de azúcar, así como del microorganismo responsable de la fermentación, ya que las concentraciones de azúcares afectan a los procesos de ósmosis dentro de la membrana celular, así como también pueden frenar el proceso debido a su baja concentración (Navarro, 2018).

pH

El pH es un factor importante en el proceso de fermentación ya que las levaduras se hallan afectadas claramente por el ambiente, bien sea alcalino o ácido. Por regla general el funcionamiento de las levaduras está en un rango que va aproximadamente desde 3.5 a 5.5 pH (Macedo, 2019).

Destilación

La destilación es una técnica de separación de sustancias que permite separar los distintos componentes de una mezcla. Esta técnica se basa fundamentalmente en los puntos de ebullición de cada uno de los componentes de la mezcla. Cuanto mayor sea la diferencia entre los puntos de ebullición de las sustancias de la mezcla, más eficaz será la separación de sus componentes; es decir, los componentes se obtendrán con un mayor grado de pureza (Riquelme, 2016).

La destilación es el proceso de separar los componentes o sustancias de una mezcla líquida mediante el uso de la ebullición y la condensación. La destilación puede resultar en una separación esencialmente completa (componentes casi puros), o puede ser una separación parcial que aumenta la concentración de los componentes seleccionados en la mezcla (Moreno, 2017).

Michelena (2016) detalla que el propósito de la destilación es conseguir el elemento más volátil. Por ejemplo, la vaporización del agua de la glicerina vaporizando el agua, se llama evaporación, pero la separación del agua del alcohol evaporando el alcohol se llama destilación.

Tipos de destilación

Destilación simple

Este tipo de destilación se aplica cuando los componentes de productos líquidos a destilar poseen de forma única un compuesto volátil, o bien, cuando ésta tiene

más de una sustancia volátil, pero el punto de ebullición del líquido más volátil difiere del punto de ebullición de los otros componentes en, al menos, 80 °C (Zarza, 2018).

Destilación fraccionada

Este proceso, conocido como rectificación o destilación fraccionada, se utiliza mucho en la industria, no sólo para mezclas simples de dos componentes (como alcohol y agua en los productos de fermentación, u oxígeno y nitrógeno en el aire líquido), sino también para mezclas más complejas como las que se encuentran en el alquitrán de hulla y en el petróleo.

La única desventaja de este tipo de destilación es que una gran fracción (más o menos la mitad) del destilado condensado debe volver a la parte de arriba de la columna y eventualmente debe hervirse otra vez, con lo cual hay que aportar más calor. Por otra parte, la labor diaria permite grandiosos ahorros de energía, porque el destilado que se obtiene puede ser manejado para precalentar la materia que entra (Duque, 2018).

Destilación por vapor

Si dos sustancias insolubles se calientan, ninguno de los dos es perjudicado por la presencia del otro (mientras se les remueva para que el líquido más ligero no forme una capa impenetrable sobre el más pesado) y se vaporizan en un grado definitivo simplemente por su propia volatilidad. Por lo tanto, dicho compuesto siempre arde a una temperatura menor que la de cada compuesto por separado.

El porcentaje de cada componente en el vapor sólo depende de su presión de vapor a esa temperatura. Este principio se puede emplear a compuestos que podrían verse afectadas por el exceso de energía si fueran destiladas en la forma tradicional, ya que la destilación por arrastre de vapor es una técnica de destilación que permite la separación de sustancias insolubles (Aguilera, 2019).

Destilación al vacío

Otra forma para destilar compuestos a temperaturas por debajo de su punto de hervor es evacuar parcialmente el alambique. Por ejemplo, la anilina puede ser destilada a 100 °C eliminando el 93% del aire del alambique. Esta técnica es tan efectiva 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. Este proceso se usa regularmente en la industria para depurar vitaminas y otros productos inestables (Anaya, 2019).

Destilación molecular centrífuga

Si una estructura larga que posee una mezcla de gases se cierra herméticamente y se ubica en posición vertical, se origina una separación parcial de los gases como resultado de la gravedad. En una centrifugadora de alta velocidad, o en un instrumento llamado vórtice, los impulsos que apartan los elementos más livianos de los más pesados son miles de veces mayores que las de la gravedad, haciendo la separación más rápida (Leroy, 2019).

Sublimación

Si se destila una sustancia sólida, pasándola directamente a la fase de vapor y otra vez a la fase sólida sin que se forme un líquido en ningún momento, el proceso se llama sublimación.

La sublimación no difiere de la destilación en ningún aspecto importante, excepto en el cuidado especial que se requiere para impedir que el sólido obstruya el aparato. La rectificación de dichos materiales es imposible. El yodo se purifica por sublimación en el cambio de estado de sólido a gaseoso sin pasar por el estado líquido por ejemplo en la purificación de azufre, naftaleno (Briones, 2018).

Destilación destructiva

Cuando se calienta un compuesto a una temperatura alta, descomponiéndose en varios productos valiosos, y esos productos se separan por fraccionamiento en la misma operación, el proceso se llama destilación destructiva. Las aplicaciones más significativas de este proceso son la destilación destructiva del carbón para el coque, el alquitrán, el gas y el amoníaco, y la destilación destructiva de la madera para el carbón de leña, el ácido etanoico, la propanona y el metanol. Este último proceso ha sido ampliamente desplazado por procedimientos sintéticos para fabricar distintos subproductos (Fonseca, 2017).

Etanol

Jácome (2017) menciona que el alcohol es un compuesto derivado del desdoblamiento de los azúcares en etanol que pueden utilizarse como materia prima para elaborar cosméticos o bien, combinado en proporciones variadas con gasolina, y su uso se ha extendido principalmente para sustituir el petróleo.

El etanol (Alcohol Etílico) puede producirse de dos formas. La mayor parte de la producción mundial se obtiene del procesamiento de materia de origen renovable (caña de azúcar y /o derivados como melaza; sorgo dulce; sorgo rojo; remolacha; etc); en particular, ciertas plantas con azúcares. El etanol así producido se conoce como bio-etanol. Por otra parte, también puede obtenerse etanol mediante la modificación química del etileno, por hidratación (Arias, 2017).

Castro (2015) detalla que el etanol cuya fórmula química es $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ es un tipo de líquido utilizado en las bebidas alcohólicas y que resulta de la fermentación de azúcares producidos por alimentos ricos en azúcares y almidón como remolacha, uva, cereales, papas, naranja, pulpa de banano, zumos de jugos de frutas.

Tipos de materia prima utilizada en la obtención de etanol

Anguisaca (2019) explica que para la extracción de etanol se necesita materia prima rica en azúcar para que se el alimento ideal de las levaduras, ya que entre más cantidad de azúcar tenga el alimento a utilizar mayor será el grado alcohólico.

Materias primas sacarosas

El paso para fermentar materias primas ricas en azúcar es respectivamente fácil: 1) prensado o machacado; 2) ajuste del pH con ácido; 3) fermentación. Habitualmente no es necesario disolver porque el zumo posee menos de 20% de material fermentable. Lo novedoso son las melazas, de las que se hablará luego, que no requieren prensado, pero sí disolución (Farina, 2018).

Fruta

Frutas con sus proporciones de azúcar: uva, 15%; banana, 13,8%; manzana, 12,2%; piña, 11,7%; pera, 10,0%; melocotón, 7,6%; naranja, 5,4%; higo chumbo, 4,2%; sandía, 2,5%; tomate, 2%.

Con una extracción del 75% en las manzanas, por ejemplo, la cantidad total de material fermentable sería del 9% del peso total. Una tonelada de manzanas suministraría trece galones de etanol. Suponiendo un 80% de extracción en las uvas, una tonelada proveería diecisiete galones de etanol. Con sandía y 90% de extracción, una tonelada facilitaría solamente entre 3 y 3,5 galones.

En todos los casos anteriores la proporción de material fermentable del zumo es lo bastante pequeño para que la dilución no sea necesaria ni deseable. para fermentar estos materiales basta con ajustar el pH (entre 4,8 y 5) y añadir la levadura en una proporción de dos libras por cada mil galones de mezcla para obtener aproximadamente 100 litros de alcohol industrial destinado a la elaboración de pinturas, cosméticos, combustibles (Lambert, 2018).

Melazas

La melaza de remolacha o de caña es un residuo de la producción de azúcar, y una excelente materia prima para la producción de etanol. Contiene un 50-55% de material fermentable. Una tonelada podría proporcionar entre setenta y ochenta galones de alcohol. Hay que diluir la melaza si su contenido de azúcar es mayor de 15-20%. La mayoría de las melazas no tiene suficientes nutrientes para la levadura. El reciclado del residuo de destilación es de gran ayuda. Se puede hacer hasta con el 50% (en volumen) del residuo de destilación. Las melazas son alcalinas, por lo que hay que añadir ácido para conseguir un pH adecuado (Ugarte, 2018).

Sorgo

El sorgo es una buena materia prima para producir etanol porque es fácil cultivarlo y contiene un 14% de material fermentable. El mayor inconveniente para usarlo es que la extracción requiere equipamiento potente para triturar y prensar.

Un proceso alternativo es triturar los tallos tanto como sea posible y disolver el azúcar calentando (no hasta la ebullición) con una cantidad mínima de agua. Hay que repetir el proceso muchas veces para extraer la mayor parte del azúcar. En un proceso de este tipo dos extracciones de un galón son mejores que una extracción de dos galones.

Una extracción de 65% proporcionaría trece o catorce galones de etanol por tonelada. Es necesario ajustar el pH con ácido. Se puede reciclar un 25% del residuo de destilación del lote anterior (Zapata, 2019).

Remolacha azucarera

La remolacha azucarera es un material excelente para la producción de etanol. Contiene 15% de azúcar, 82% de agua, y sólidos. El jugo se puede extraer en una prensa, o se puede machacar y fermentar como la fruta.

Como contiene un poco de almidón se mejora la producción añadiendo algo de malta (1-2% por peso) o de enzimas. Por supuesto también hay que ajustar el pH, y es recomendable reciclar entre el 20% y el 25% del residuo de destilación. Una tonelada de remolachas puede proporcionar 20-25 galones o más de etanol (Escudero, 2019).

Tallos del maíz dulce

Los tallos del maíz dulce contienen 7-15% de azúcar y sirven para producir alcohol. Hay que tritararlos y extraer el jugo como con la caña de azúcar o los tallos de sorgo. Un proceso relativamente eficiente debería proporcionar ocho y dieciocho galones de etanol por tonelada. Es necesario ajustar el pH y reciclar entre el 20% y el 25% del residuo de destilación (Alcañiz, 2016).

Materias primas amiláceas

Las materias primas amiláceas se muelen, se cuecen y se someten a un proceso de descomposición del almidón antes de fermentarlas. Hay excepciones como la patata y el boniato, que no se muelen, y otras como la alcachofa, en las que no hace falta descomponer el almidón. La gran producción de etanol compensa el esfuerzo extra, y la mayoría de los materiales amiláceos son buenas materias primas (Jerez, 2019).

Tratamiento con múltiples enzimas

Todos los materiales empleados para la producción de etanol tienen algo de celulosa. Por lo tanto, podría merecer la pena experimentar con pequeñas cantidades de enzimas para celulosa junto con los otros pasos del proceso.

Las materiales sacarosas podrían beneficiarse de un paso de descomposición de celulosa. Los materiales amiláceos podrían tener enzimas para celulosa junto con las enzimas para almidón durante la descomposición (Villalobos, 2015).

Procesos de obtención de etanol

El etanol se obtiene a partir de frutas u otras plantas ricas en azúcares, de cereales, de alcohol vínico o de biomasa, mediante un proceso de destilación. En España la producción industrial emplea principalmente cereal como materia prima básica, con posibilidad de utilizar los excedentes de la industria transformados en jugos azucarados de bajo costo (Rocafuerte, 2015).

Subproductos de la obtención de bioetanol

Los subproductos generados en la producción de etanol, así como el volumen de los mismos, dependen en parte de la materia prima utilizada (Rivero, 2016).

Materiales lignocelulíicos

Tallos, bagazo, etc., correspondientes a las partes estructurales de la planta. En general se utilizan para valorización energética en cogeneración, especialmente para cubrir las necesidades energéticas de la fase de destilación del etanol, aunque también se puede vender el excedente a la red eléctrica (con precio primado) (Bautista, 2019).

Materiales alimenticios:

Pulpa y granos de destilería de maíz desecados con solubles (DDGS), que son los restos energéticos de la planta después de la fermentación y destilación del etanol. Tienen interés para el mercado de piensos animales por su riqueza en proteína y valor energético (Cadena, 2016).

Grado alcohólico

La graduación alcohólica o grado alcohólico volumétrico de una bebida alcohólica es la expresión en grados del número de volúmenes de alcohol (etanol) contenidos en 100 volúmenes del producto, medidos a la temperatura de 20 °C. Se trata de una medida de concentración porcentual en volumen.

La graduación alcohólica se expresa en grados y lo que mide es el contenido de alcohol absoluto en 100 cc o, lo que es lo mismo, el porcentaje de alcohol que contiene una bebida. Es decir, que un vino tenga 13 grados significa que 13 cc de cada 100 cc = 13 % es alcohol absoluto. El grado alcohólico viene expresado en los envases como (°) o bien como vol. %. Desde la perspectiva sanitaria tiene mayor relevancia determinar los gramos de etanol absoluto ingerido, que no el volumen de bebida alcohólica (Echeverría, 2017).

Bebidas alcohólicas con más alcohol

La cerveza contendrá entre el 2 % y el 5 % de alcohol puro, los vinos contendrán entre el 10,5 y el 18,9 %, los licores variaban entre el 24,3 % y el 90 %, y la sidra entre el 1,1 % y el 17 %. Un estudio de la OMS hizo un cálculo orientativo de las bebidas alcohólicas con más alcohol. Son estas (de menos a más):

La cerveza: contiene entre el 2% y el 5% de alcohol puro

Los vinos: contienen entre el 10,5 y el 18,9%,

La sidra entre el 1,1% y el 17%.

Los licores: varían entre el 24,3% y el 90% de algún vodka (Echeverría, 2017).

Qué dice la normativa

La normativa de etiquetado, presentación y publicidad de los alimentos dice que la cifra correspondiente al grado alcohólico incluirá un decimal como máximo e irá seguida del símbolo % vol. y podrá estar precedida de la palabra alcohol o de la abreviatura alc, ya que contenido de alcohol de una bebida depende de la concentración de alcohol y del volumen contenido. Hay amplias variaciones respecto a la concentración de las bebidas alcohólicas utilizadas en diferentes países. Un estudio de la OMS indicó que la cerveza contenía entre el 2% y el 5% de alcohol puro, los vinos contenían entre el 10,5 y el 18,9% (Echeverría, 2017).

2.3 Marco legal

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 376:2012

ALCOHOL ETÍLICO INDUSTRIAL. REQUISITOS

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el alcohol etílico para denominarse industrial.

2. DEFINICIONES

2.1 Alcohol etílico industrial. Subproducto alcohólico resultante de los procesos de fermentación de mostos de frutas, destilación y rectificación del alcohol etílico, cuyo contenido de congéneres no permite su uso para la ingesta humana.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 La destilación y la rectificación deben realizarse en equipos adecuados, separando el porcentaje necesario de cabezas y colas, a fin de obtener un producto que cumpla con los requisitos establecidos.

3.2 Las cabezas y colas obtenidas con este proceso no podrán usarse para la fabricación de bebidas alcohólicas.

3.2.1 No debe utilizarse el alcohol etílico industrial para consumo directo o para la elaboración de bebidas alcohólicas u otros productos de ingesta humana.

3.2.2 Previamente a su comercialización para uso industrial, el alcohol etílico industrial debe ser desnaturalizado de manera tal que lo haga impropio para la bebida y la ingesta humana en general, y que no sea fácilmente separable por procedimientos físicos o químicos, usando para el efecto cualquiera de las siguientes sustancias desnaturalizantes:

4. REQUISITOS

4.1 El alcohol etílico industrial debe tener el sabor amargo característico de la sustancia utilizada para desnaturalizarlo.

4.2 Se considera alcohol etílico industrial todo aquel que no cumple los requisitos establecidos en una de las siguientes normas vigentes: NTE INEN 362, NTE INEN 375, NTE INEN 1675 y que ha sido comercializado para su utilización en productos que no sean destinados para la ingesta humana.

5. INSPECCIÓN Y MUESTREO

5.1 El muestreo debe realizarse de acuerdo con la NTE INEN 339 vigente.

6. ENVASADO

6.1 El alcohol etílico industrial debe envasarse en recipientes cuyo material sea resistente a la acción del producto y no altere las características del mismo.

6.2 El volumen mínimo de comercialización debe ser de 20 L; también se puede comercializar al granel en tanques o cisternas.

NORMATIVA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 340

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DEL GRADO ALCOHOLICO. MÉTODO ALCOHOLIMÉTRICO (GAY- LUSSAC)

1. OBJETO

Esta norma describe el método para determinar el contenido de alcohol en bebidas alcohólicas destiladas y mezclas hidroalcohólicas.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son referidos y son indispensables para su aplicación. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier enmienda).

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en NTE INEN 338 y la que a continuación se detalla:

Contenido de alcohol etílico. Es la relación entre el volumen del alcohol etílico (etanol) contenido en una mezcla hidroalcohólica, medido a temperatura de 20°C y el volumen total de la mezcla medido a la misma temperatura, expresado en porcentaje.

3. METODO DE ENSAYO

3.1 Fundamento

El método consiste en efectuar una destilación simple de la bebida alcohólica y determinar en el destilado el contenido de alcohol etílico a partir de la lectura dada por un alcoholímetro calibrado a 20 °C, realizar la corrección por temperatura mediante la tabla correspondiente y expresar en porcentaje.

3.3 Preparación de la muestra

Las bebidas alcohólicas que contienen extracto seco debe destilarse previamente la muestra.

3.3.1 Lavar cuidadosamente el equipo para destilación con agua destilada y proceder a armarlo.

3.3.2 Enjuagar el matraz con una porción de la muestra de bebida alcohólica, llenarlo con la muestra hasta sobrepasar la marca de 500 cm³ y tapar el matraz.

3.3.3 Colocar el matraz en el baño de agua, a temperatura constante de 20°C ± 0,5° C durante 20 minutos y retirar el exceso de muestra que sobrepasa la marca, utilizando una pipeta, hasta obtener el volumen exacto de 500 cm³.

3.3.4 Transferir el contenido al matraz con fondo redondo del aparato de destilación y lavar con tres porciones de 10 cm³ de agua destilada, recogiendo el agua de lavado en el mismo matraz del aparato de destilación. Añadir núcleos de ebullición.

3.3.5 Destilar lentamente la muestra, recogiendo el condensado en un matraz volumétrico de 500 cm³, hasta que se haya recogido 480 cm³ aproximadamente.

NORMATIVA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2014:2015

BEBIDAS ALCOHÓLICAS. DETERMINACIÓN DE PRODUCTOS CONGÉNERES POR CROMATOGRAFÍA DE GASES

1. OBJETO

Esta norma describe el método para determinar el contenido de productos congéneres: etanol (acetaldehído), acetato de etilo (etanoato de etilo), metanol (alcohol metílico), propan-1-ol (propanol), 2-propanol (iso-propanol), butan-1-ol (butanol), butano-2-ol (sec-butanol), metilpropan-1-ol (iso-butanol), pentan-1-ol (alcohol amílico normal), 2-metil-1-butanol (alcohol amílico activo), 3-metil-1-butanol (alcohol isoamílico o iso-pentanol) y furan-2-carbaldehído (furfural), por cromatografía de gases en las bebidas alcohólicas (con excepción de la cerveza).

2. Determinación de productos congéneres por cromatografía de gases

2.1 Fundamento

La presencia de congéneres volátiles en las bebidas alcohólicas se determina mediante la inyección de la bebida alcohólica, pura o adecuadamente diluida o su destilado, en un sistema de cromatografía de gases. Antes de la inyección, se añade a la bebida alcohólica un patrón interno adecuado.

Los congéneres volátiles se separan en una columna adecuada utilizando programación de temperatura y un detector de ionización de llama (FID). La concentración de cada uno de los congéneres se determina en relación con el patrón interno, a partir de los factores de respuesta obtenidos durante la calibración, en condiciones cromatográficas.

2.2 Equipos

2.2.1 Cromatógrafo de gases, con programador de temperatura, equipado con un detector de ionización de llama (FID) y un integrador u otro sistema de tratamiento de datos capaz de medir las áreas de los picos.

2.2.2 Columna capilar del cromatógrafo de gases compuesta por 6 % de cianopropil-fenil y 94 % de dimetil polixilosano de 60 m x 0,25 mm de diámetro interno(d.i.), con una película de 1,40 µm de espesor.

La columna debe ser capaz de separar los analitos de forma que la resolución mínima, entre los distintos componentes sea de 0,8 (excepto el 2-metilbutan-1-ol y el 3-metilbutan-1-ol), esto en el caso de que la simple visualización del cromatograma no sea suficiente.

2.3 Reactivos y materiales

2.3.1 Reactivos

2.3.1.1 El agua que se utilizará será de grado analítico y debe cumplir con la NTE INEN-ISO 3696

2.3.1.2 Los reactivos deben ser de calidad cromatográfica, es decir, de una pureza superior al 97 %. El acetaldehído deberá almacenarse protegido de la luz a una temperatura inferior a 5 °C; los demás reactivos podrán almacenarse a temperatura ambiente. Todas las soluciones deberán almacenarse refrigeradas.

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Aplicada: Esta investigación se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica, ya que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos. Se distingue por tener un propósito práctico bien definido, es decir, se investiga para transformar productos y producir cambios en un determinado sector para su consumo, y gracias a esta investigación se pudo obtener una guía ya establecida por otros autores, para que el trabajo investigado sea demostrado en este caso por un diseño experimental, ya que a través de este método y con la ayuda de un alcoholímetro se pudo comprobar el grado alcohólico que se obtuvo de destilar el mosto proveniente de la cáscara de banano fermentada con tres tipos de levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, *Pedra* y *ft 858*.

3.1.2 Diseño de la investigación

De acuerdo a los estudios realizados en esta investigación se llegó a la conclusión de que este proyecto es experimental, debido a que se evaluó los parámetros físico-químicos (pH, Grados Brix, Temperatura, Grado Alcohólico) que producen las levaduras *Saccharomyces Cerevisiae*, *Pedra* y *ft 858* en la fermentación del mosto proveniente de las cáscaras del banano para la obtención de alcohol. La diferencia a evaluar entre estos tres tratamientos conformados por 60 % de cáscara, 39.98 % de agua y 0.02 % de levadura fue el grado alcohólico obtenido de la destilación del mosto de banano por medio de un alcoholímetro y de esta manera se pudo demostrar cuál de las tres levaduras produjo un grado alcohólico elevado durante la fermentación alcohólica proveniente del mosto de la cáscara de banano de los tres tratamientos de estudios.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1 Variables independientes

- Tipos de levadura: *Saccharomyces Cerevisiae*, *Pedra* y *FT 858*

3.2.1.2 Variables dependientes

- Grado Alcohólico
- Parámetros físico- químicos: Grados Brix, pH, temperatura.

3.2.2 Tratamientos

La normativa INEN 375 establece los porcentajes a emplear para la obtención de alcohol en donde explica que las materias primas que se utilizaron deben de ser de una fruta rica en azúcar, cuya proporción radique entre el 45 y 50 % de su pulpa o su cáscara, en la utilización del agua su proporción debe de ser entre 40 y el 45 %, para el caso del azúcar la proporción es del 9 al 10 % y para levadura el 0.02 % por cada litro de mosto.

Tabla 1. Tratamientos para obtener etanol a través de la fermentación de las cáscaras de banano

Ingredientes	Tratamiento # 1 cáscaras de banano fermentada con levadura <i>Saccharomyces Cerevisiae</i>	Tratamiento # 2 cáscaras de banano fermentada con levadura <i>Pedra</i>	Tratamiento # 3 cáscaras de banano fermentada con levadura <i>FT 858</i>
Cáscara de banano	60 %	60 %	60 %
Agua	39.98 %	39.98 %	39.98 %
Levadura (<i>Saccharomyces Cerevisiae</i>)	0.02 %	0 %	0 %
Levadura (<i>Pedra</i>)	0 %	0.02 %	0 %
Levadura FT (858)	0 %	0 %	0.02 %
Total	100 %	100 %	100 %

Guacho, 2021

3.2.3 Diseño experimental

Para poder realizar este trabajo experimental, se empleó tres tratamientos con cinco repeticiones por cada tratamiento con las mismas formulaciones, ya que el propósito de esta investigación fue evaluar con la ayuda de un alcoholímetro el grado alcohólico obtenido de la fermentación de la cáscara de banano con tres levaduras distintas y de esta manera se pudo determinar cuál levadura produjo un mayor grado alcohólico durante la fermentación. Así mismo se valoró el aspecto físico-químico de las fermentaciones.

Para la medición del grado alcohólico se ha previsto el desarrollo del experimento bajo una distribución completamente al azar ya que este tanto en su proceso como en la medición de variables se desarrolló bajo condiciones controladas.

Para determinar la presencia de metanol en el etanol obtenido se realizó una cromatografía que es un proceso de análisis químico que consistió en evaluar la cantidad de compuesto volátil presente en el alcohol, este tipo de componentes son compuestos secundarios formados de la fermentación alcohólica del mosto durante alguna etapa del proceso de fabricación, vale recalcar que la normativa NTE INEN 375 1987-2007 permite la presencia máxima de metanol hasta 8 caso contrario el etanol obtenido es rechazado.

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1 Recursos

Para la recopilación de toda la información empleada en este trabajo de investigación se utilizó recursos como Páginas web, Libros, Artículos científicos.

Materiales e Insumos

Balanza:

Instrumento que se utilizó para determinar el peso de las cáscaras de banano.

Cuchillo:

Utensilio filoso que se utilizó para cortar las cáscaras de banano en cuadros.

Ollas

Objeto de acero inoxidable que se utilizó para verter y hervir las cáscaras de bananos cortados en cuadros.

Cocina industrial

Electrodoméstico que funciona a base de gas, se utilizó para realizar la cocción de las cáscaras de banano.

Licuada

Equipo eléctrico que se utilizó para triturar la materia prima en este caso su función será desprender los enlaces de glucosa pegadas a las cáscaras de banano.

Papel filtro

Papel de forma circular que se introduce en un embudo durante la filtración, con el fin de separar la parte sólida y líquida de una mezcla.

Micro Destilador

Aparato usado para destilar mezclas de líquidos con distinto punto de ebullición haciendo que hiervan y luego enfriando para condensar el vapor. Es utilizado para la extracción de etanol de distintos tipos de frutas ricas en azúcar.

Matraz

Recipiente de vidrio, generalmente de forma esférica y con un cuello recto y estrecho, que se usa en los laboratorios para contener y medir líquidos en este caso el alcohol obtenido de la destilación.

Probeta

Instrumento de plástico o de vidrio que se utiliza en los laboratorios para contener y medir un líquido. Se trata de un tubo transparente que incluye una graduación

para que el observador pueda saber qué volumen ocupa la sustancia albergada en su interior en este para determinar la cantidad de alcohol obtenido de la destilación.

Brixometro

Instrumento utilizado en laboratorios para analizar el contenido de azúcar en mostos y potencial grado de alcohol que varía según la maduración de las frutas.

Densímetro

Es un instrumento de laboratorio que se encarga de medir y calcular el nivel de alcohol que puede estar presente en un líquido o gas.

pH- metro

El medidor de pH es un instrumento utilizado para medir la acidez o la alcalinidad de una solución, también llamado pH. El pH es la unidad de medida que describe el grado de acidez o alcalinidad y es medido en una escala que va de 0 a 14.

Insumos

Cáscara de banano

Es la capa protectora de una fruta o vegetal, del cual puede desprenderse. En ella se encuentran la mayor parte de los nutrientes y de los beneficios que aportan las frutas.

Agua potable

El agua potable es una forma de agua tratada, libre de microorganismos y posibles contaminantes disueltos en ella por un proceso de precipitación de impurezas, filtración y desinfección.

Levaduras

Se llama levadura o fermento a un conjunto diverso de hongos, por lo general microscópicos y unicelulares, capaces de iniciar los procesos de descomposición (fermentación) de distintas sustancias orgánicas, particularmente los azúcares y los

carbohidratos, obteniendo como subproducto otras sustancias específicas (como alcoholes).

3.2.4.2 Métodos y técnicas

En un matraz aforado se tomó 25 ml de mosto de banano.

Posteriormente se colocó la muestra en el micro destilador y se esperó alrededor de tres minutos para recoger el destilado.

Acto seguido el alcohol etílico obtenido del destilado es llevado a un alcoholímetro donde se procedió a llenar el tubo de ensayo con la muestra, para posteriormente colocarlo en un carrusel.

Por último, en la pantalla principal del alcoholímetro, se procedió a colocar los nombres de la muestra y se espera el resultado del grado alcohólico.

Diagrama de flujo para la obtención de etanol a través de la fermentación de la cáscara de banano

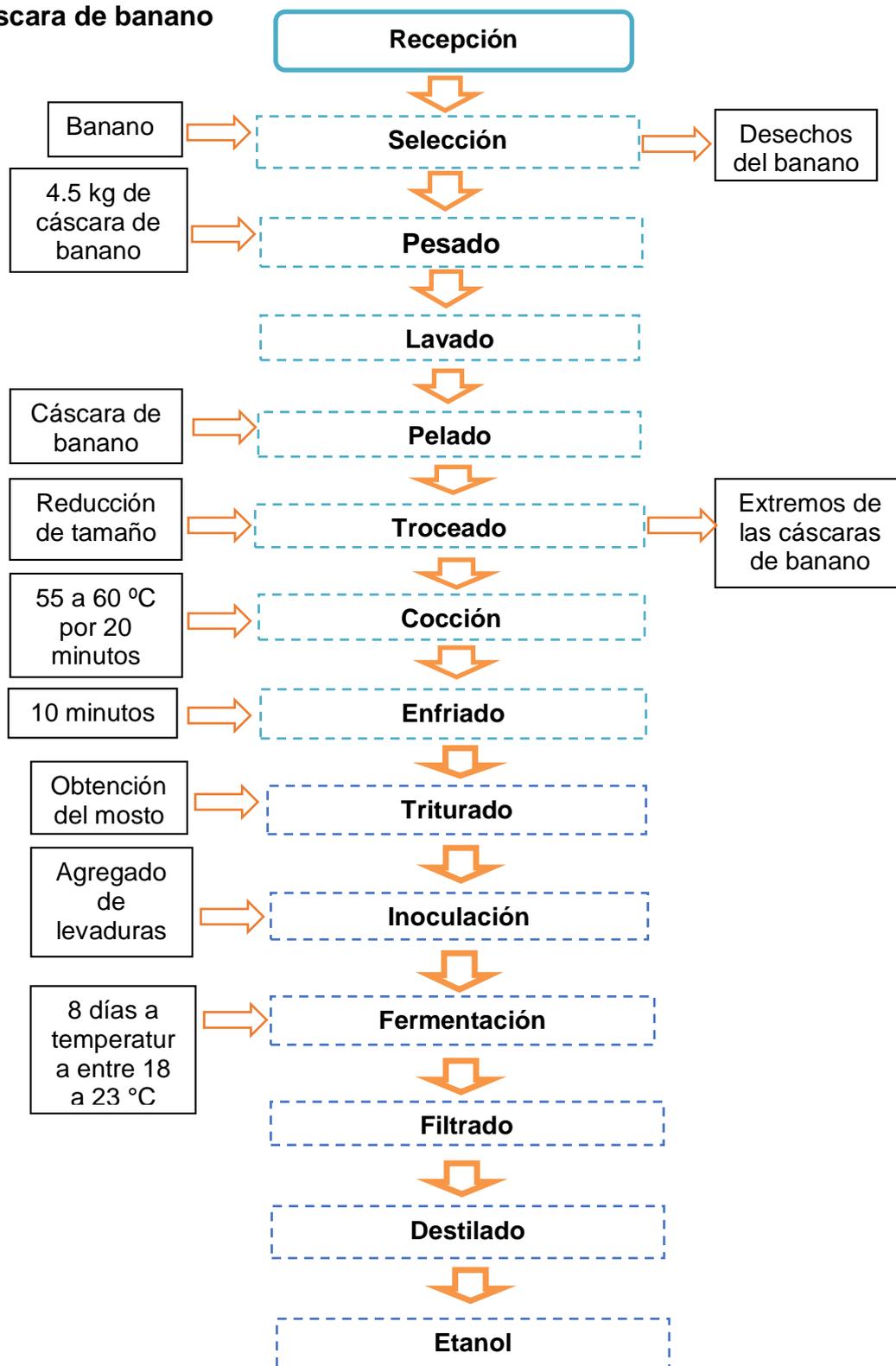


Figura 1. Diagrama de Flujo
Guacho, 2021

Selección de materia prima

Se seleccionaron bananos de acuerdo a su color y tamaño, tomando en cuenta que su cáscara este en buen estado para evitar algún tipo de contaminación durante el proceso.

Pesado

Es el paso principal para determinar la cantidad de rendimiento que se obtuvo a partir de la fruta a utilizar en este caso las cáscaras de banano.

Lavado

Operación higiénica que se utilizó para eliminar cualquier tipo de materia extraña en la cascará de banano, adicionalmente se aplicó hipoclorito de sodio al 2 % para eliminar cualquier tipo de microorganismo presente.

Pelado

Proceso que consiste en retirar las cáscaras de las frutas, en este caso el banano se realizó con mucho cuidado para evitar el desperdicio de las cáscaras.

Troceado

Procedimiento mecánico que se le realizó a las cáscaras de banano con la finalidad de reducir su tamaño para hacer más fácil su licuado.

Cocción

Proceso térmico que se aplicó a la cáscara de banano troceada alrededor de 20 minutos con la finalidad de desprender la celulosa pegada en su interior.

Enfriado

Se dejó enfriar a temperatura ambiente por un tiempo de 10 minutos

Triturado

Molienda de las cáscaras de banano previamente sometidas a procesos de troceado, cocción, enfriamiento.

Inoculación

Agregado de las levaduras *Saccharomyces Cerevisiae*, *Pedra* y *Ft 858* para su posterior activación.

Fermentación

Proceso anaeróbico realizado por las levaduras con la finalidad de transformar el azúcar en alcohol etílico.

Filtrado

Operación que consiste en separar la parte líquida de la solididad de cualquier tipo de materia prima en este caso la masa fermentada de las cáscaras de banano.

Destilado

Proceso de separar los componentes o sustancias de una mezcla líquida mediante el uso de la ebullición y la condensación.

Etanol

Alcohol obtenido de la fermentación y posterior destilación de la cáscara de banano.

3.2.5 Análisis estadísticos

En función del planteamiento de esta investigación, las distintas variables dependientes (pH, Grados Brix, Temperatura, Grado alcohólico) que se evaluaron fueron sometidos al análisis de varianza para detectar diferencias significativas entre las formulaciones establecidas como se detalló en la (tabla 5). Los modelos de análisis de varianza, según los diseños experimentales a utilizar y a las características cuantitativas de las variables, son las que se detallaron en la (tabla 7), como prueba de comparación de medias se utilizó el test de Tukey al 5 % de probabilidad de error tipo 1. Estos análisis se realizaron con la versión estudiantil del software Infostat.

Tabla 2. Modelo de análisis de varianza para las variables cuantitativas

Fuentes de Variación	Grados de Libertad
Total (n-1)	14
Tratamientos (Formulaciones) (t-1)	2
Error Experimental (n-t)	12

Guacho, 2021

4. Resultados

4.1 Análisis e interpretación de datos en los parámetros fisicoquímicos

Tabla 3. Análisis físico-químicos en los tres tratamientos

Número	de Tratamientos	pH	Grados Brix	Temperatura	Grado Alcohólico
1	Levadura <i>Saccharomyces Cerevisiae</i>	4.17	3.91	20.16	3.24
2	Levadura <i>Pedra</i>	3.65	4.70	19.82	3.14
3	Levadura <i>Ft 858</i>	3.77	4.84	19.70	3.36

Medias aritméticas de (pH, Grados Brix, Temperatura y Grado alcohólico)
Guacho, 2021

Evaluación estadística del pH

Los datos que se registraron en el programa Infostat de la tabla ANOVA en la evaluación del pH en los tres tratamientos analizados, indicó que este parámetro físico-químico si presentó diferencias significativas en sus análisis de varianza en el nivel de probabilidad al ser \leq a 0.05 % con un coeficiente de variación de 5.97.

Según la prueba Tukey al 5 % concluye que el tratamiento ganador en este análisis estadístico es el número uno conformado con el 60% de cáscara de banano, 39.98 % de agua y 0.02 % de levadura *Saccharomyces Cerevisiae* con una media aritmética de 4.17 en su análisis de pH.

Evaluación estadística de Grados Brix

Los datos que se registraron en el programa Infostat de la tabla ANOVA de la evaluación de Grados Brix en los tres tratamientos analizados, indicó que este parámetro físico-químico no presentó diferencias significativas en los tratamientos dos y tres con levadura *Pedra* y *FT 858* en sus análisis de varianza al tener una media aritmética parecida.

Mientras que el tratamiento uno con levadura *Saccharomyce Cerevisiae* si presento diferencias significativas en el nivel de probabilidad al ser \leq a 0.05 % con un coeficiente de variación de 1.73.

Según la prueba Tukey al 5 % concluye que el tratamiento ganador en este análisis estadístico es el número tres conformado con el 60% de cáscara de banano, 39.98 % de agua y 0.02 % de levadura *Ft 858* con una media aritmética de 4.84 en su análisis de Grados Brix.

Evaluación estadística de Temperatura

Los datos que se registraron en el programa Infostat de la tabla ANOVA de la evaluación de temperatura en los tres tratamientos analizados, indicó que este parámetro físico-químico no presentó diferencias significativas en sus análisis de varianza en el nivel de probabilidad al ser $>$ a 0.05 % con un coeficiente de variación de 2.01.

Según la prueba Tukey al 5 % concluye que el tratamiento ganador en este análisis estadístico es el número uno conformado con el 60% de cáscara de banano, 39.98 % de agua y 0.02 % de levadura *Saccharomyces Cerevisae* con una media aritmética de 20.16 en su análisis de temperatura.

Evaluación estadística del Grado Alcohólico

Los datos que se registraron en el programa Infostat de la tabla ANOVA de la evaluación de Grado Alcohólico en los tres tratamientos analizados, indicó que este parámetro físico-químico si presentó diferencias significativas en sus análisis de varianza en el nivel de probabilidad al ser \leq a 0.05 % con un coeficiente de variación de 2.64. Según la prueba Tukey al 5 % concluye que el tratamiento ganador en este análisis estadístico es el número tres conformado con el 60% de cáscara de banano, 39.98 % de agua y 0.02 % de levadura *Ft 858* con una media aritmética de 3.36.

Análisis de los tres tratamientos estudiados

Realizada la suma de las cinco repeticiones por cada tratamiento en cuanto a parámetros físico-químicos de pH, Grados Brix, Temperatura y grado alcohólico en los tres tratamientos se obtuvo una media aritmética de la que se concluye que el mejor tratamiento para generar alcohol es el tratamiento número tres conformado por 60 % de cascara de banano, 39.98 % de agua y 0.02 % de levadura *Ft 858*.

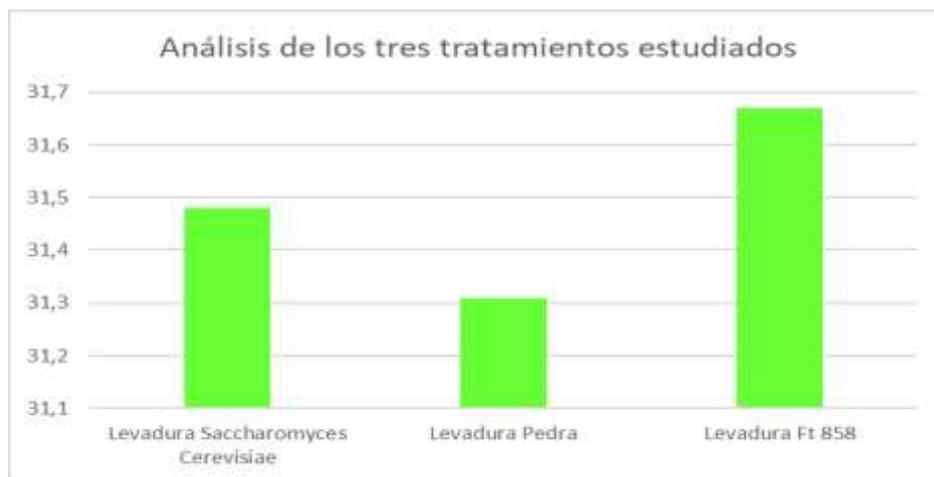


Figura 2. Evaluación de análisis físico-químicos en los tres tratamientos Guacho, 2021

4.2 Análisis de cromatografía para determinar la presencia de metanol en el alcohol obtenido

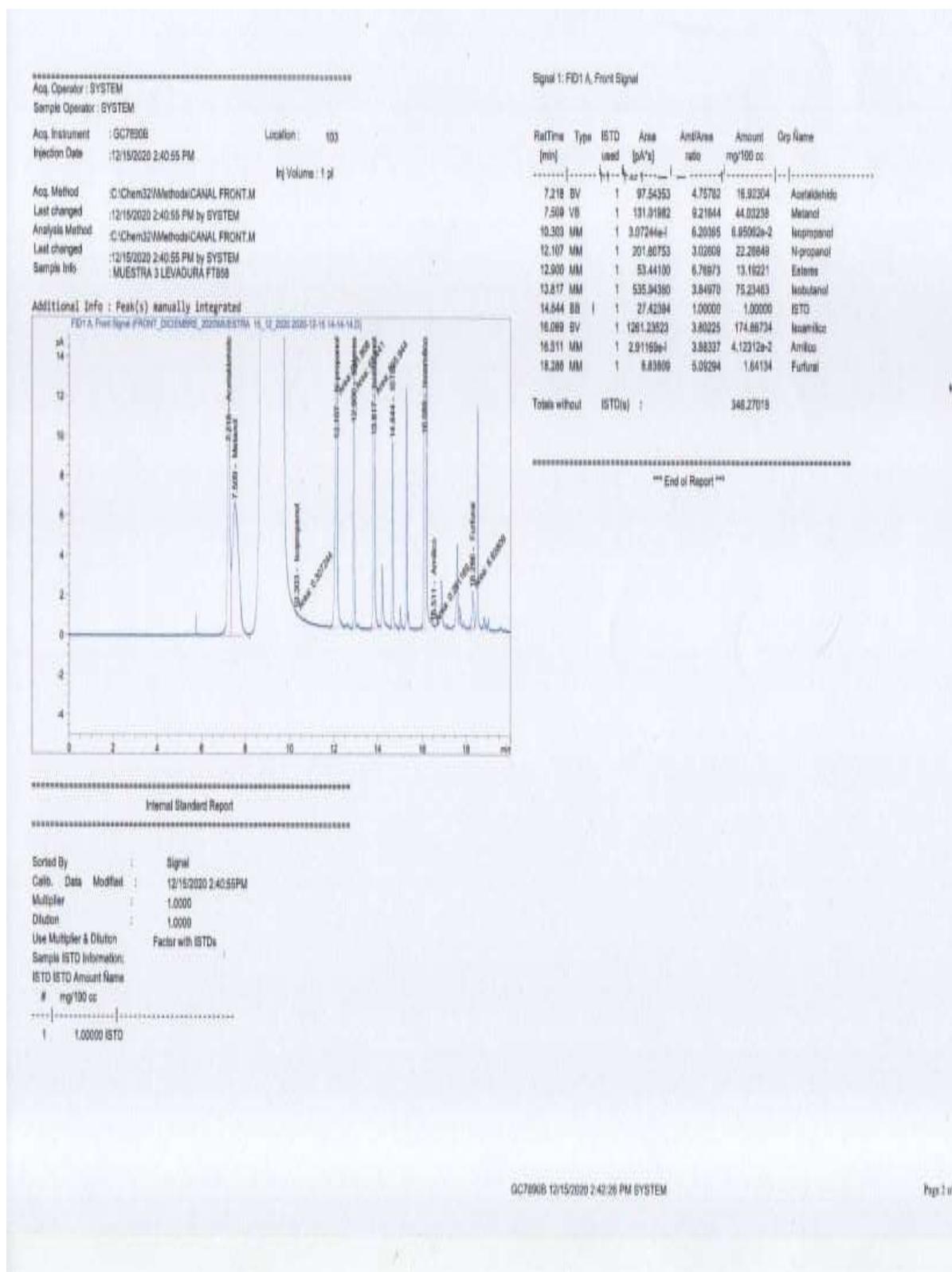


Figura 3. Análisis de cromatografía Guacho, 2021

Interpretación del Resultado

Las muestras de alcohol de los tres tratamientos fueron analizadas en el laboratorio de control de calidad de la empresa Sociedad de Destilación de Alcoholes S.A (Soderal), ubicada en el Cantón Coronel Marcelino Maridueña, los mismos que expresaron los siguientes resultados detallados en los análisis de cromatografía, dónde emite la cantidad de metanol presente en los alcoholes extraídos de la fermentación del mosto del banano y en base a estos análisis se llegó a la conclusión que si se puede extraer alcohol de la cáscara de banano pero no para consumo, ya que las cromatografías arrojaron una cantidad excesiva de congéneres como son acetaldehído con 16.92304, Metanol 44.03238, Isopropanol 6.95062×10^{-2} , N-propanol 22.26849, Esteres 13.19221, Isobutanol 75.23463, Isoamílico 174.86734, Amílico 4.12312×10^{-2} y furfural 1.64134 mg por cada 100 centímetros cúbicos de alcohol en los tres tratamientos que no son del perfil para un etanol sino para un alcohol denominado industrial, aguardiente o anhidro que puede ser utilizado para la elaboración de gasolina, perfumes, alcohol en gel y cosméticos.

4.3 Análisis de costo de producción de 1 Litro de alcohol a 49 Grados

En esta etapa se desarrolló el costo de producción para la elaboración de alcohol a través de la fermentación y posterior destilación del mosto de banano, se detalla cada uno de las materias primas utilizadas, la unidad de medida en compra, el gasto por unidad de compra y las cantidades de insumos utilizados para obtener el costo de producción en la elaboración de alcohol.

Tabla 4. Costo de producción para la elaboración de un litro de alcohol a 49 Grados utilizando Levadura *Saccharomyces Cerevisae* (Tratamiento 1)

Insumos	Unidad de medida en compras	Gasto por unidad de compras	Cantidad	Valor
Banano (Cáscaras)	Kilogramo	\$ 0.05	4.5	\$ 2.50
Agua Potable	Litro	\$ 1.00	1	\$ 1.00
Levadura <i>Saccharomyces Cerevisae</i>	Gramo	\$ 0.05	12	\$ 0.60
Total				\$ 4.10

Costo final de la materia prima para el tratamiento 1
Guacho,2021

Tabla 5. Costo de producción para la elaboración de un litro de alcohol a 49 Grados utilizando Levadura *Pedra* (Tratamiento 2)

Insumos	Unidad de medida en compras	Gasto por unidad de compras	Cantidad	Valor
Banano (Cáscaras)	Kilogramo	\$ 0.05	4.6	\$ 2.60
Agua Potable	Litro	\$ 1.00	1	\$ 1.00
Levadura <i>Pedra</i>	Gramo	\$ 0.05	13	\$ 0.65
Total				\$ 4.25

Costo final de la materia prima para el tratamiento 2
Guacho,2021

Tabla 6. Costo de producción para la elaboración de un litro de alcohol a 49 Grados utilizando Levadura *FT 858* (Tratamiento 3)

Insumos	Unidad de medida en compras	Gasto por unidad de compras	Cantidad	Valor
Banano (Cáscaras)	Kilogramo	\$ 0.05	4.3	\$ 2.45
Agua Potable	Litro	\$ 1.00	1	\$ 1.00
Levadura <i>FT 858</i>	Gramo	\$ 0.05	11	\$ 0.55
Total				\$ 4

Costo final de la materia prima para el tratamiento 3
Guacho,2021

El análisis de costo de producción en la elaboración del alcohol de banano se elaboró en base a los insumos utilizados, en la cual se obtuvo un litro de alcohol a 49 grados proveniente de cada tratamiento, el costo económico para la obtención de la materia prima distribuidos en bananos, agua y levaduras y materiales (Botellas y globos) fue de \$4.10 dólares para el tratamiento número uno con inoculación de levadura *Saccharomyces Cerevisiae*, \$4.25 dólares para el tratamiento número dos inoculado con levadura *Pedra* y \$4 dólares para el tratamiento número tres inoculado con levadura *FT 858*. El precio de un litro de alcohol a 49 grados en el mercado es de 2\$ produciéndose un déficit entre precio y producción de \$2.10 para el tratamiento número uno, \$2.25 para el tratamiento número dos y \$2 para el tratamiento número tres.

5. Discusión

La investigación realizada prueba que los parámetros físicos-químicos (pH, grados Brix y temperatura realizados al mosto de banano para la producción de alcohol con inoculación de levadura *Saccharomyces cerevisiae* guardan similitud con los que cita Aray (2016) en su estudio realizado de comparación de grado alcohólico de las levaduras utilizadas en la fermentación de frutas.

Se coincide con lo investigado por Agudo (2017) sobre las condiciones requeridas para la fermentación alcohólica, ya que los análisis físico-químicos realizados al mosto del banano arrojaron resultados similares tanto en pH, Grados Brix y temperatura como se menciona en la investigación realizada.

El análisis físico-químico de pH, Grados Brix, temperatura realizado al mosto de banano inoculado con levadura *Saccharomyces Cerevisiae* obtuvo resultados de 4.17 para pH, 3.90 para Grados Brix y 20.16 para temperatura con un tiempo de fermentación alcohólica de 192 horas afirmando lo citado por Cruz (2017) en análisis físico-químico mas no en el tiempo de fermentación alcohólica.

El resultado de la cromatografía en el alcohol de banano realizado en el laboratorio de Sociedad de destilación de alcoholes (Soderal) dio como resultado que el alcohol obtenido tiene perfil de aguardiente, industrial o alcohol anhidro además arrojó la presencia de acetaldehído, Metanol, Isopropanol, N-propanol, Esteres, Isobutanol, Isoamílico, Amílico y furfural confirmando lo investigado por Espinoza (2017) que indica que el alcohol obtenido por medio de la fermentación de azúcares contiene congéneres volátiles que afectan la calidad del alcohol y que puede causar problemas de salud al ser humano como: pérdida de visión, dolores abdominales, mareos, vómitos, vértigo, visión borrosa, sueño excesivo, molestia excesiva provocada por la luz e inclusive la muerte en caso de consumirlo.

El análisis de cromatografía realizado al alcohol contuvo una cantidad elevada de congéneres que son nocivos para la salud entre las cuales se tiene la presencia de esteroides con 13.19221, aldehídos con 16.92304, furfural con 1.64134 y metanol con 44.03238 confirmando lo citado por Vázquez (2016) donde menciona que un alcohol que contenga una cantidad elevada de congéneres no puede ser considerado como alcohol de consumo sino alcohol para elaborar pinturas, cosméticos y combustibles.

Luna (2018) en su trabajo de investigación de elaboración de mosto para la obtención de un litro de etanol a 60 grados a través de la fermentación y posterior destilación de la cáscara y pulpa de banano evaluó que la mejor materia prima para la obtención de mosto para producir alcohol es la pulpa de banano debido a la gran cantidad de jugo que produce utilizando poca materia prima información que coincide con el trabajo realizado, ya que para generar un litro de alcohol a 49 grados utilizando cáscara de banano se utilizó una gran cantidad de materia prima teniendo como consecuencia un gasto excesivo en la producción de un litro de alcohol ya que se obtuvo un bajo rendimiento en la producción de mosto.

Wagner (2018) quién realizó un análisis de costo de producción en la elaboración de un vino de banano utilizando porcentajes de 65 % de pulpa, 33 % de agua y 2 % de levadura obtuvo un mayor rendimiento en la obtención de mosto para elaboración de un litro vino utilizando el banano como materia prima afirmación que coincide con la investigación realizada ya que en la obtención de alcohol a 49 grados en los tres tratamientos utilizando cáscara de banano en proporciones de 60 %, agua en 39.98 % y levadura en 0.02 % para la obtención de mosto no obtuvo un mayor rendimiento debido a que su cáscara triturada no arrojó una gran cantidad de jugo para poder fermentar, observación que se ve reflejada en el gasto económico al momento de producir un litro de alcohol utilizando la cáscara como materia prima.

6. Conclusiones

El alcohol obtenido de la cáscara de banano fermentada con tres tipos de levaduras en su medición de grado alcohólico inicial por medio del alcoholímetro determinó que el tratamiento que generó mayor grado alcohólico fue el tratamiento número tres, con inoculación de levadura *Ft 858* en sus cinco repeticiones, obteniendo una media de 3.36 en su grado alcohólico, seguido de la levadura *Saccharomyces Cerevisae* con una media de 3.24 y por último la levadura *Pedra* con una media de 3.14 en su grado alcohólico.

Los parámetros físico-químicos como: Brix, pH, temperatura que tuvieron mayor influencia para obtener un grado alcohólico de 49 grados a partir de la fermentación del mosto de banano fue de un Brix de 4.84, pH 3.77 y temperatura de 19.7 °C.

El mejor tratamiento para generar un litro de alcohol a 49 grados fue el tratamiento número tres con levadura *Ft 858* debido a que se utilizó menos materia prima y su grado alcohólico inicial fue mayor y estos dos factores son fundamentales para obtener alcohol debido a que se genera menos gastos en compra de materia prima permitiendo obtener un mayor rendimiento en la producción de alcohol.

El alcohol obtenido contuvo demasiados congéneres volátiles entre los cuales tenemos la presencia de acetaldehído con 16.92304, Metanol 44.03238, Isopropanol 6.95062×10^{-2} , N-propanol 22.26849, Esteres 13.19221, Isobutanol 75.23463, Isoamílico 174.86734, Amílico 4.12312×10^{-2} y furfural 1.64134 mg por cada 100 centímetros cúbicos de alcohol y en base a estos resultados se concluye que el alcohol destilado no es apto para el consumo humano sino para elaborar productos como: cosméticos, pinturas, combustibles, alcohol en gel debido a la cantidad elevada de congéneres volátiles que poseen.

7. Recomendaciones

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 de la cáscara de banano (Mosto) estas son:

Comprar bananos grandes para adquirir una elevada cantidad de mosto durante el licuado.

Seleccionar bananos maduros para obtener un grado Brix elevado durante la fermentación alcohólica.

Mantener limpio el lugar de trabajo donde se va a realizar el producto para evitar cualquier tipo de contaminación durante la inoculación de levaduras y posterior destilación del mosto de banano.

Esterilizar los materiales que se van a utilizar durante el proceso de elaboración del mosto de banano.

Pesar cada insumo como está detallado en las formulaciones de los tratamientos.

Finalizada la inoculación de levaduras mantener el mosto de banano en un ambiente adecuado.

Concluida la fermentación pasteurizar el mosto de banano para frenar la fermentación y evitar la proliferación de bacterias y mohos.

Centrifugar el mosto de banano para obtener un mosto sin sedimentos que pueda afectar el proceso de destilación.

Obtener 100 ml de alcohol a 49 grados durante el proceso de destilación para el análisis de cromatografía.

Inocular levadura *FT 858* al mosto de banano genera mayor grado alcohólico que las levaduras *Saccharomyces Cerevisae* y *Pedra*.

Utilizar cáscaras de banano como materia prima para obtener alcohol ayuda a cuidar el medio ambiente debido a que se puede aprovechar este tipo de desperdicio que comúnmente las personas descartan evitando el exceso de desechos en las calles.

Obtener alcohol de la cáscara de banano fermentada permite obtener un alcohol destinado para la elaboración de perfumes, cosméticos, pinturas, combustibles cuyo precio es mayor que un alcohol destinado para consumo.

Elaborar alcohol utilizando cáscaras de banano desechadas permite generar una ganancia económica mayor durante la venta de la producción debido a que la materia prima a utilizar se la puede conseguir gratuitamente en casa, bananeras, mercados o lugares donde venden batidos.

8. Bibliografía

- Acevedo, M. E. (2019). Hidrolisis en la cáscara de banano y yuca. Cali-Colombia: Universidad del Rosario.
- Acosta, P. (2018). Variedades de Banano Valery. Bogotá-Colombia: Babel.
- Aguilera, M. (5 de Marzo de 2019). Alambiques.com. Obtenido de Alambiques.com: <http://www.alambiques.com/destilaciones>.
- Aguirre, L. (2017). Condiciones requeridas para la fermentación alcohólica. Cartagena-Colombia: Leyer. Obtenido de <https://es.slideshare.net/Lorenzo2061969/fundamentos-de-la-fermentación-alcohólica>
- Alcañiz, L. (2016). Tallos del maíz dulce. Cali-Colombia: Luna.
- Alonso, G. E. (2018). Variedades de banano Valery. Cartagena-Colombia: Atenea.
- Amaya, R. (2017). Fermentación propiónica. Cartagena-Colombia: Idearte. Obtenido de <https://haytipos.com/fermentación/>
- Anaya, R. (5 de Marzo de 2019). Destilación.com. Obtenido de Destilación.com: https://www.bedri.es/Comer_y_beber/Licores_caseros/La_destilación.htm
- Anguisaca, O. (2019). Tipos de materia prima utilizada en la obtención de etanol. Sucumbios-Ecuador: Ecuatorial.
- Aray, G. S. (2016). Efectos de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* IFI 256 en el mosto de frutas. Medellín-Colombia: Alfaomega.
- Arias, R. (2017). El etanol. Cartagena-Colombia: El arte de leer.

- Ayala, S. (2018). La Fermentación en las industrias alcoholicas. Madrid-España: Ediciones- Akal. Obtenido de <https://definición.de/fermentación/>
- Ballestero, M. (2017). Manejo y poscosecha del Banano. Quito-Ecuador: Ecuatorial.
- Barbosa, J. (2015). El banano en el Ecuador. Quito-Ecuador: Ecuatorial. Obtenido de <https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentación-Platano.html>
- Bautista, P. (5 de Julio de 2019). Books.com. Obtenido de Books.com: <https://books.google.com.ec>
- Benalcazar, S. (2015). Producción y comercialización del banano. Madrid- España: Aguilar.
- Borja, L. (2018). Condiciones para que se dé una fermentación alcohólica (Temperatura). Barranquilla-Colombia: Alfa.
- Briones, A. (5 de Marzo de 2018). Repositorio.unibe. Obtenido de Repositorio.unibe: <http://repositorio.unibe.edu.ec/>
- Cadena, T. (2016). Subproductos de la obtención de bioetanol (Materiales Alimenticios). Cartagena-Colombia: Angosta.
- Calle, k. F. (2017). Diseño e implementación de un manual de buenas prácticas de manufactura (bpm) para la fábrica de aguardiente artesanal destilería mayte. Morona santiago-ecuador: ciencia digital.
- Campuzano, R. (2019). Aireación. Cartagena-Colombia: Cinep.
- Canto, B. B. (2016). Biogas. Un mil usos del platano, 1-2.
- Carcelén, B. (2015). Industrialización del banano (Almidon y derivados). Ciencia y el Hombre, 1-2.

Cardona, P. (2019). Fermentación butírica. Cartagena-Colombia: Babel.

Cartagena, S. (2019). Carbohidratos en frutas. Monterrey-Mexico: El naranjo.
Obtenido de <https://www.geosalud.com/nutricion/hidratos-de-carbono-carbohidratos.html>

Cartagena, Y. (2015). Producción de etanol a partir de vegetales y frutas. Cartagena: Alfaomega.

Castaño, H. (2016). Producción de etanol a partir de almidón de yuca utilizando la estrategia de proceso sacarificación- fermentación. Medellín-Colombia: Universidad de Antioquia.

Castillejo, C. (2017). Producción de banano en Ecuador. Machala-Ecuador: Ediciones-Monte. Obtenido de <https://elproductor.com/producción-nacional-de-banano/>

Castillo, M. (2017). Fibras. Cartagena-Colombia: Universitaria de la Costa. Obtenido de <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol24num1/articulos/platano/>

Castro, L. (2015). El uso del etanol. Cartagena-Colombia: Universidad del Rosario.

Cobos, P. V. (2019). Industrialización del banano (Jaleas, mermeladas y golosinas). Machala-Ecuador: Ediciones- la tierra.

Cuesta, J. P. (2017). Industrialización del banano (Bebidas). Machala-Ecuador: Libresa.

Duarte, E. M. (2018). Fermentación butanodiólica. Madrid-España: Ediciones-Gamma.

Duque, L. (2018). Destilación fraccionada. Monterrey-México: El arte de leer.

- Echeverría, R. (2017). Grado alcohólico. Cartagena-Colombia: Legis. Obtenido de <https://www.consumoteca.com/alimentación/grado-alcohólico-de-una-bebida/>
- Escobar, N. M. (2017). Variedades de banano Cavendish Enano. Colombia-Cartagena: Angosta. Obtenido de <http://www.agro20.com/profiles/blogs/agro20-variedades-de-banano>
- Escudero, M. (5 de Julio de 2019). Bioetanol.com. Obtenido de Bioetanol.com: ourneytoforever.org/es/biocombustibles/produccion-casera-etanol/tipos-materias-primas.
- Espinoza, S. V. (2017). Obtención de alcohol etílico a partir del almidón de banano. Machala-Ecuador: Dinalibros.
- Farina, A. (2018). Materias primas sacarosas. Monterrey-México: Caligrama.
- Fonseca, E. (2017). Destilación destructiva. Madrid-España: Opera. Obtenido de <https://concepto.de/destilación/>
- García, R. (21 de Marzo de 2016). Fermentación Alcohólica. Santiago de Chile-Chile: Overol. Obtenido de <http://www.garciacarrion.es/es/vinos-garcia-carrion/pregunta-al-enologo/que-es-la-fermentación-alcohólica>
- Garrido, M. G. (2019). Harina para alimentación animal. Cartagena-Colombia: Alfaomega.
- Gómez, A. (2016). Variedades de banano banano rojo. Machala-Ecuador: Dinalibros. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/economia/banano-cavendish-fusarium-exportacion-ecuador/>

- Harris, L. M. (2017). Industrialización del banano (Vinagre). Cartagena-Colombia: Adventures.
- Harrison, E. L. (2018). Productos elaborados a partir de las Cáscaras de banano, pseudotallos y pinzotes. Nogales-México: Caligrama Editores.
- Ibañez, A. (2015). Obtención de etanol a partir de frutas ricas en almidon. Maracaibo-Venezuela: Bigott. Obtenido de <https://es.slideshare.net/AndreiiIbanez/estado-del-arte-14224304>
- Jerez, P. (2019). Materias primas amiláceas. Cali-Colombia: Ibañez.
- Jiménez, L. (2016). Origen del Banano. Machala - Ecuador: Ecuatorial.
- Lambert, J. (2018). Fermentación en frutas. Culiacan-México: El naranjo.
- Lamela, S. (2016). FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/3/y5102s/y5102s04.htm>
- Leroy, P. (6 de Julio de 2019). Proindustriales.com. Obtenido de Proindustriales.com: <http://proindusitriales.blogspot.com>
- Letrán, R. (2016). Comparación del grado alcohólico en las levaduras utilizadas en la fermentación de frutas. Antoquia-Colombia: Angosta. Obtenido de <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/3190/TESIS>
- Luna, A. F. (2018). Optimización del proceso de fermentación para la producción de tequila, utilizando cáscara y pulpa de banano. Guadalajara-México: Ediciones-Era.
- Macedo, F. (2019). pH. Cartagena-Colombia: Planeta. Obtenido de <https://www.verema.com/blog/verema/500449-levaduras-fermentación-alcohólica>.

- Magallon, R. (2017). Microorganismo presente en la fermentación alcohólica. Buenos Aires - Argentina: Atlantida. Obtenido de <http://seresmodelicos.csic.es/llevat.html>
- Martín, C. (2017). La fermentación en las industrias. Buenos Aires- Argentina: Alianza. Obtenido de <https://www.ceupe.com/blog/que-es-la-fermentación.html>
- Martínez, G. (2017). Usos del banano. Cartagena-Colombia: Voluntad. Obtenido de <http://banano.ebizar.com/banano-industria-de-la-construcción/>
- Medina, V. (2016). Hidrolisis del almidón en la fermentación. Cartagena-Colombia: El espectador. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v73n150/a02v73n150.pdf>
- Melendes, F. (2016). Características de la Fermentación. Santiago de Chile-Chile: Arcano. Obtenido de <https://quimica.laguia2000.com/general/fermentación-alcohólica>.
- Michelena, G. (2016). Finalidad de la Destilación. Buenos Aires - Argentina: Ivrea. Obtenido de https://www.lasalleteruel.es/museo_virtual/destilación.html
- Moreno, V. (2017). Proceso de la Destilación. Madrid-España: Ego. Obtenido de <https://quimica.laguia2000.com/general/destilación>
- Motoa, J. (2017). Obtención de etanol por medio del Maiz. Madrid-España: Punto Rojo. Obtenido de <http://camp.ucss.edu.pe/ingenium/index.php/industrial/131-obtencion-de-alcohol-etilico-a-partir-de-los-desechos-de-frutas>
- Navarro, L. P. (2018). Concentración de azúcares. Monterrey-México: Alfa.
- Pocasangre, L. (2017). Poscosecha del banano. Cartagena: El arte de leer.

- Riquelme, L. (2016). Destilación. Asunción-Paraguay: Oceano. Obtenido de <https://www.laboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/procedimientos-basicos-de-laboratorio/que-es-la-destilacion.html>
- Rivero, R. (2016). Subproductos de la obtención de bioetanol. Cartagena-Colombia: Alfaomega.
- Rocafuerte, L. (2015). Proceso de obtención de etanol. Cartagena-Colombia: Cinep.
- Rosales, F. (2017). Comercialización del banano. Cartagena-Colombia: Aguilar.
- Sáenz, P. (2016). Fases de la fermentación. Cartagena-Colombia: Leyer. Obtenido de Ecured:rbinavinos.blogspot.com/2016/06/fases-de-la-fermentación-alcohólica.html
- Salas, E. P. (2019). Tipos de Fermentación (Fermentación alcohólica). Cartagena-Colombia: Editores- Villegas.
- Salgueiro, M. L. (2017). Fermentación acética. Distrito Federal-Mexico: Caligrama.
- Santillan, E. (2014). características de *Saccharomyces cerevisiae* . Madrid: Ivrea. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-iberoamericana-micologia-290-articulo-infeccion-por-saccharomyces-cerevisiae-S1130140613000235>
- Santos, P. L. (2018). Fermentación láctica. Cali-Colombia: Legis.
- Sotomayor, D. (15 de Mayo de 2019). Propiedades Nutricionales del Banano. Machala-Ecuador: Edarsi. Obtenido de <https://www.ecoagricultor.com/el-platano-o-banana-sus-beneficios-y-propiedades/>

- Suárez, F. (2017). Clasificación de carbohidratos. Madrid. Obtenido de <https://es.slideshare.net/fabiansuarez1213986/clasificacion-carbohidratos>
- Terán, A. (2015). Valor Nutricional del banano. Machala-Ecuador : Dinalibros. Obtenido de avanguardia.com/comer/frutas/20180921/451884334419/bananas-valor-nutricional-propiedades-beneficios.html
- Trejo, A. L. (2020). Nutrientes y Activadores. Cali-Colombia: Universidad el bosque.
- Ugarte, T. (6 de Agosto de 2018). Bioetanol.com. Obtenido de Bioetanol.com: http://www.fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin08/URL_08_ING01.pdf
- Urgiles, P. F. (2016). Variedades de banano Cavendish Gigante. Cali-Colombia: Angosta.
- Valdés, N. (2017). Carbohidratos en el Banano. Madrid-España: Alianza. Obtenido de <https://cuidateplus.marca.com/alimentación/diccionario/carbohidratos.html>
- Valenzuela, L. (2019). pH de las levaduras. Madrid-España: Alianza. Obtenido de <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap16/>
- Vargas, I. E. (2016). Determinación de acetato de etilo en bebidas alcohólicas destiladas con añejamiento (ron) por el método de cromatografía de gases. Quito-Ecuador: Cedisa.
- Vasconcelos, M. (2017). Evaluación de las exportaciones de banano en el Ecuador. Quito-Ecuador: Educatemas. Obtenido de <https://www.ekosnegocios.com/articulo/ecuador-exporta-casi-el-25-del-banano-del-mundo>

- Vazques, H. (21 de Marzo de 2017). Scielo.com. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx>
- Vazquianez, M. J. (2018). Costo de producción en la obtención de alcohol etílico por la fermentación del mosto de banano. Guadalajara-México: Lectorum.
- Venegas, S. (2017). Función de los carbohidratos. Cartagena-Colombia: Caligrama. Obtenido de <https://www.tuasaude.com/es/carbohidratos/>
- Villalobos, S. (2015). Tratamiento con múltiples enzimas. Tamaulipas-México: Cinep. Obtenido de <http://journeytoforever.org/es/biocombustibles/produccion-casera-etanol/tipos-materias-primas.cgi>
- Villarreal, J. (2015). El banano en el Ecuador. Quito: Banco central del Ecuador.
- Villegas, C. (2018). Otras definiciones de la Fermentación. Buenos Aires- Argentina: Ediciones- Jus. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Fermentación>
- Villen, M. (2018). Fermentación. Madrid-España: Edelsa. Obtenido de www.conasi.eu/blog/productos/levaduras-ecologicas-en-polvo-madre-pasteleria/que-es-la-fermentación/
- Zambrano, L. (2020). Principales tipos de carbohidratos. Venezuela. Obtenido de <https://sportadictos.com/2012/10/los-carbohidratos-y-sus-tipos>
- Zapata, A. (2019). Fermentación en el sorgo. Cartagena-Colombia: Poemia.
- Zarza, L. (25 de Diciembre de 2018). Iagua.com. Obtenido de Iagua.com: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-destilación-y-que-sirve>

9. Anexos

9.1 Proceso de obtención de alcohol



Figura 4. Selección de materia prima
Guacho,2021



Figura 5. Pelado del banano
Guacho,2021



Figura 6. Pesado y lavado de cáscara de banano
Guacho,2021



Figura 7. Troceado de cáscara de banano
Guacho,2021



Figura 8. Cocción de cáscara de banano
Guacho,2021

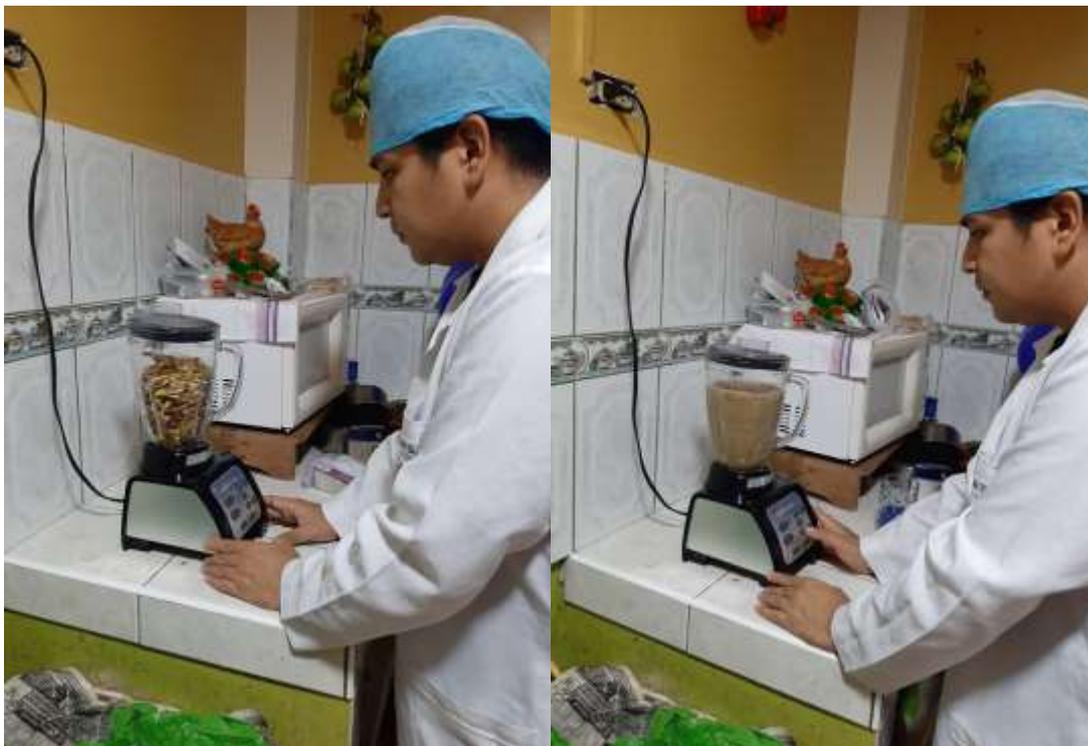


Figura 9. Licuado de cáscara de banano
Guacho,2021



Figura 10. Pesaje de levaduras
Guacho,2021



Figura 11. Pesaje de agua y mosto
Guacho,2021



Figura 12. Envasado del mosto
Guacho,2021



Figura 13. Proceso de fermentación
Guacho,2021



Figura 14. Análisis de pH y Grados Brix
Guacho,2021



Figura 15. Medición de temperatura al mosto
Guacho,2021



Figura 16. Destilación del mosto y medición del grado alcohólico
Guacho,2021

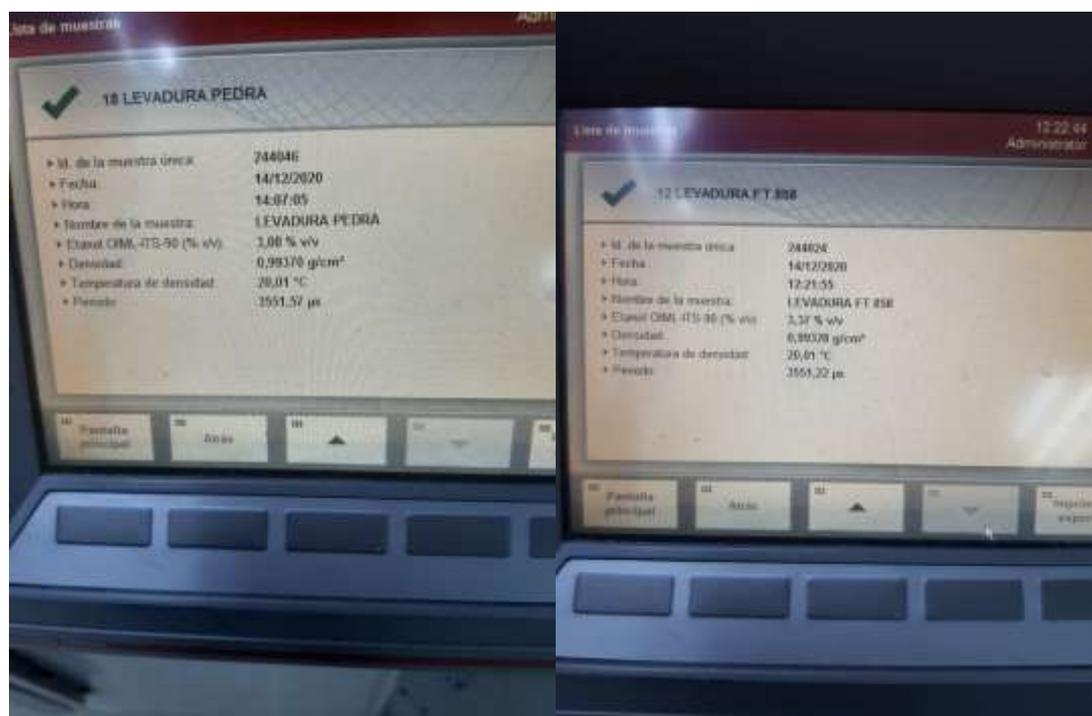


Figura 17. Medición del grado alcohólico para el tratamiento 2 y 3
Guacho,2021



Levadura Sacharomyces Cerevisiae

Tratamiento 1	pH	Grados Brix	Temperatura	Grado alcohólico
Repetición I	3,81	3,92	19,6	3,23
Repetición II	4,13	3,90	20,1	3,14
Repetición III	4,61	3,91	20,5	3,40
Repetición IV	3,86	3,90	20,2	3,19
Repetición V	4,46	3,91	20,4	3,26

Tratamiento 2	pH	Grados brix	Temperatura	Grado alcohólico
Repetición I	3,76	4,66	19,7	3,14
Repetición II	3,59	4,94	19,7	3,30
Repetición III	3,67	4,64	19,4	3,17
Repetición IV	3,62	4,64	20,4	3,08
Repetición V	3,61	4,61	19,9	3,03

Levadura Pedra

Levadura FT 858

Tratamiento 3	pH	Grados Brix	Temperatura	Grado alcohólico
Repetición I	3,83	4,90	20,1	3,36
Repetición II	3,74	5	19,9	3,46
Repetición III	3,65	4,75	19,6	3,37
Repetición IV	3,79	4,77	19,5	3,30
Repetición V	3,82	4,77	19,4	3,31

Figura 18. Datos de los análisis físico-químicos en los tres tratamientos Guacho, 2021

9.2 Análisis de varianza en el software Infostat

Tabla 7. 1A Datos de los análisis Físicoquímicos para pH

Tratamientos	Repeticiones	pH
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	I	3,81
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	II	4,13
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	III	4,61
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	IV	3,86
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	V	4,46
<i>Pedra</i>	I	3,76
<i>Pedra</i>	II	3,59
<i>Pedra</i>	III	3,67
<i>Pedra</i>	IV	3,62
<i>Pedra</i>	V	3,61
<i>FT 858</i>	I	3,83
<i>FT 858</i>	II	3,74
<i>FT 858</i>	III	3,65
<i>FT 858</i>	IV	3,79
<i>FT 858</i>	V	3,82

Datos de pH para los tres tratamientos
Guacho,2021

1B. Análisis estadísticos para los parámetros Físicoquímico pH

pH

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	15	0,67	0,43	5,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,88	6	0,15	2,75	0,0932
Tratamientos	0,76	2	0,38	7,13	0,0167
Repeticiones	0,12	4	0,03	0,57	0,6944
Error	0,42	8	0,05		
Total	1,30	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,41649

Error: 0,0531 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	4,17	5	0,10 A
<i>FT 858</i>	3,77	5	0,10 A B
<i>Pedra</i>	3,65	5	0,10 B

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

Guacho,2021

Tabla 8. 1C Datos de los análisis Físicoquímico para Grados Brix

Tratamientos	Repeticiones	Grados Brix
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	I	3,92
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	II	3,9
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	III	3,91
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	IV	3,9
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	V	3,91
<i>Pedra</i>	I	4,66
<i>Pedra</i>	II	4,94
<i>Pedra</i>	III	4,64
<i>Pedra</i>	IV	4,64
<i>Pedra</i>	V	4,61
<i>FT 858</i>	I	4,9
<i>FT 858</i>	II	5
<i>FT 858</i>	III	4,75
<i>FT 858</i>	IV	4,77
<i>FT 858</i>	V	4,77

Datos de Grados Brix para los tres tramientos
Guacho,2021

1D. Análisis estadísticos para los parámetros físicoquímicos Grados Brix

Grados Brix

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grados Brix	15	0,98	0,97	1,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,59	6	0,43	71,39	<0,0001
Tratamientos	2,51	2	1,26	208,08	<0,0001
Repeticiones	0,07	4	0,02	3,04	0,0845
Error	0,05	8	0,01		
Total	2,64	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,14047

Error: 0,0060 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.
FT 858	4,84	5	0,03 A
Pedra	4,70	5	0,03 A
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	3,91	5	0,03 B

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

Guacho,2021

Tabla 9 1E Datos de los análisis Físicoquímico para Temperatura

Tratamientos	Repeticiones	Temperatura
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	I	19,6
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	II	20,1
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	III	20,5
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	IV	20,2
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	V	20,4
<i>Pedra</i>	I	19,7
<i>Pedra</i>	II	19,7
<i>Pedra</i>	III	19,4
<i>Pedra</i>	IV	20,4
<i>Pedra</i>	V	19,9
<i>FT 858</i>	I	20,1
<i>FT 858</i>	II	19,9
<i>FT 858</i>	III	19,6
<i>FT 858</i>	IV	19,5
<i>FT 858</i>	V	19,4

Datos de temperatura para los tres tratamientos
Guacho,2021

1F. Análisis estadísticos para los parámetros físicoquímicos Temperatura

Temperatura

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Temperatura	15	0,34	0,00	2,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,67	6	0,11	0,69	0,6645
Tratamientos	0,57	2	0,28	1,77	0,2304
Repeticiones	0,10	4	0,02	0,15	0,9580
Error	1,28	8	0,16		
Total	1,95	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,72401

Error: 0,1605 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	20,16	5	0,18 A
<i>Pedra</i>	19,82	5	0,18 A
<i>FT 858</i>	19,70	5	0,18 A

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

Guacho,2021

Tabla 10. 1G Datos de los análisis Físicoquímico para Grado Alcohólico

Tratamientos	Repeticiones	Grado alcohólico
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	I	3,23
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	II	3,14
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	III	3,4
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	IV	3,19
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	V	3,26
<i>Pedra</i>	I	3,14
<i>Pedra</i>	II	3,3
<i>Pedra</i>	III	3,17
<i>Pedra</i>	IV	3,08
<i>Pedra</i>	V	3,03
<i>FT 858</i>	I	3,36
<i>FT 858</i>	II	3,46
<i>FT 858</i>	III	3,37
<i>FT 858</i>	IV	3,3
<i>FT 858</i>	V	3,31

Datos de grado alcohólico para los tres tratamientos
Guacho,2021

1H. Análisis estadísticos para los parámetros físicoquímicos Grado Alcohólico

Grado Alcohólico

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grado alcohólico	15	0,72	0,52	2,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,15	6	0,03	3,51	0,0527
Tratamientos	0,12	2	0,06	7,94	0,0126
Repeticiones	0,04	4	0,01	1,29	0,3509
Error	0,06	8	0,01		
Total	0,21	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,15504

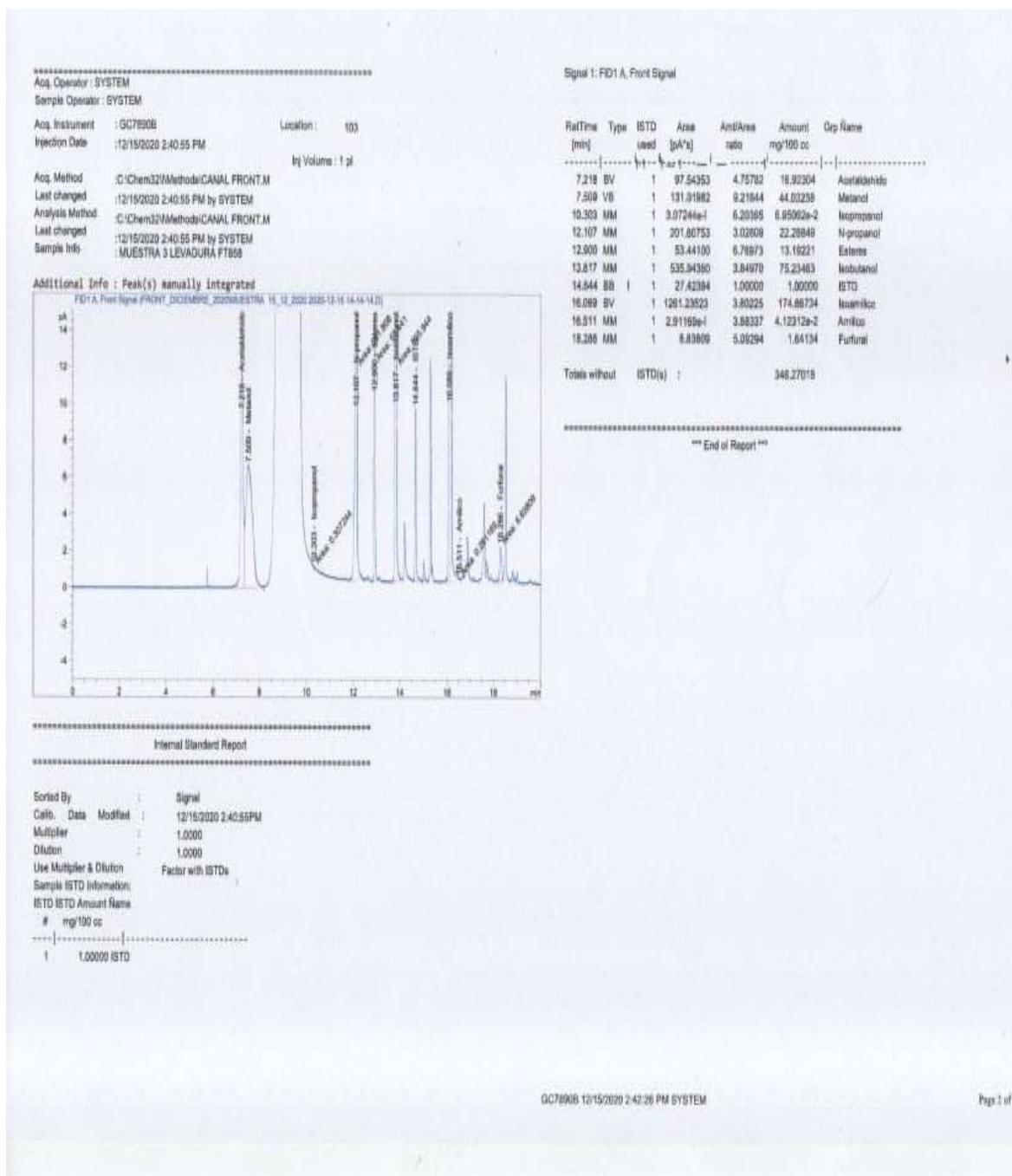
Error: 0,0074 gl: 8

Tratamientos	Medias	n	E.E.
FT 858	3,36	5	0,04 A
<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	3,24	5	0,04 A B
<i>Pedra</i>	3,14	5	0,04 B

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

Guacho,2021

9.5 Análisis de cromatografía para el tratamiento número tres



Guacho,2021