



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: AGROINDUSTRIAS

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

MODALIDAD:

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**CLARIFICACIÓN DEL ZUMO DE CAÑA DE AZÚCAR MEDIANTE
TEMPERATURA Y MUCÍLAGO DE CACAO PARA LA OBTENCIÓN
DE UNA BEBIDA REFRESCANTE**

AUTORAS:

**JENIFFER VALERIA TORRES SACÓN
VALERIA ELIZABETH VERA MORA**

TUTOR:

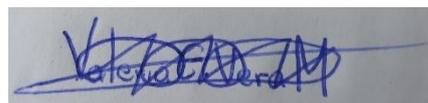
ING. DAVID WILFRIDO MOREIRA VERA, PhD.

CALCETA, FEBRERO 2021

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo **JENIFFER VALERIA TORRES SACÓN**, con cédula de ciudadanía 131570034-2 y **VALERIA ELIZABETH VERA MORA**, con cédula de ciudadanía 131476112-1, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Titulación, titulado: **CLARIFICACIÓN DEL ZUMO DE CAÑA DE AZÚCAR MEDIANTE TEMPERATURA Y MUCÍLAGO DE CACAO PARA LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA REFRESCANTE** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autoras sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación. Particular que comunicamos para los fines académicos pertinentes.



JENIFFER VALERIA TORRES SACÓN VALERIA ELIZABETH VERA MORA

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

DAVID WILFRIDO MOREIRA VERA, PhD, certifica haber tutelado el trabajo de titulación **CLARIFICACIÓN DEL ZUMO DE CAÑA DE AZÚCAR MEDIANTE TEMPERATURA Y MUCÍLAGO DE CACAO PARA LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA REFRESCANTE**, que ha sido desarrollado por **JENIFFER VALERIA TORRES SACÓN** y **VALERIA ELIZABETH VERA MORA** previa la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



ING. DAVID WILFRIDO MOREIRA VERA, PhD
TUTOR

APROBACIÓN DE TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **CLARIFICACIÓN DEL ZUMO DE CAÑA DE AZÚCAR MEDIANTE TEMPERATURA Y MUCÍLAGO DE CACAO PARA LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA REFRESCANTE**, que ha sido propuesto, desarrollado por **JENIFFER VALERIA TORRES SACÓN** y **VALERIA ELIZABETH VERA MORA**, previa a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



ING. NELSON MENDOZA G., MG.
MIEMBRO



ING. LUISA ZAMBRANO M., MG.
MIEMBRO



ING. IRINA GARCÍA P, MG.
PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de crecer como seres humanos a través de una educación superior de calidad y en cual he forjado nuestros conocimientos profesionales día a día.

A Dios por ser fuente indispensable para nuestro bienestar cada día y permitimos ser personas guiadas por sus enseñanzas como personas del bien.

Al Ing. David Moreira por su asesoramiento como tutor, brindando sus conocimientos y paciencia para poder desarrollar la presente investigación.

JENIFFER VALERIA TORRES SACÓN
VALERIA ELIZABETH VERA MORA

DEDICATORIA

A Dios, por estar conmigo cada día de mi vida dándome su apoyo para superar cada obstáculo venidero y así lograr culminar mi carrera universitaria siendo esto un paso muy importante para mi formación profesional.

A mi Familia, en especial a mi Padre y mi Madre por ser mi pilar fundamental brindándome todo su amor, apoyo, y comprensión, motivándome a ser mejor persona y a lograr cada una de mis metas.

JENIFFER VALERIA TORRES SACÓN

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi acompañante de vida, gracias a sus bendiciones permitirme finalizar mi carrera universitaria, dándome la fuerza y perseverancia necesaria, para lograr lo anhelado.

A mi familia, en especial a mi Madre por brindarme el apoyo necesario a lo largo de mi carrera universitaria, siendo el pilar fundamental en mi vida, a quienes debo todo lo que soy, siendo el refugio ante toda circunstancia y a mis abuelitos; Dumas y Mercedes que han sido ejemplo de sabiduría.

VALERIA ELIZABETH VERA MORA

CONTENIDO GENERAL

| | |
|---|------|
| DERECHOS DE AUTORÍA..... | ii |
| CERTIFICACIÓN DE TUTOR..... | iii |
| APROBACIÓN DE TRIBUNAL..... | iv |
| AGRADECIMIENTO..... | v |
| DEDICATORIA..... | vi |
| CONTENIDO GENERAL..... | viii |
| CONTENIDO DE CUADROS..... | x |
| CONTENIDO DE FIGURAS..... | xi |
| CONTENIDO DE GRÁFICOS..... | xi |
| RESUMEN..... | xii |
| ABSTRACT..... | xiii |
| CAPÍTULO I. ANTECEDENTES..... | 1 |
| 1.1. Planteamiento y formulación del problema..... | 1 |
| 1.2. Justificación..... | 2 |
| 1.3. Objetivos..... | 3 |
| 1.3.1. Objetivo General..... | 3 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos..... | 3 |
| 1.4. Hipótesis..... | 4 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| 2.1. Caña de azúcar..... | 5 |
| 2.1.1. Taxonomía..... | 5 |
| 2.1.2. Morfología..... | 6 |
| 2.2. Jugo de caña o guarapo..... | 6 |
| 2.3. Clarificación..... | 6 |
| 2.3.1. Principios de la clarificación..... | 7 |
| 2.3.2. Temperaturas de clarificación..... | 7 |
| 2.3.3. Factores que influyen en la clarificación..... | 8 |
| 2.3.4. Etapas de la clarificación..... | 9 |
| 2.3.5. Desechos en el proceso de clarificación..... | 10 |
| 2.4. Coagulación..... | 11 |

| | |
|---|----|
| 2.5. Sedimentación..... | 11 |
| 2.6. Clarificantes de origen natural..... | 11 |
| 2.6.1. Mucílago..... | 11 |
| 2.6.2. Propiedades y beneficios..... | 12 |
| 2.7. Mucílago de cacao..... | 13 |
| 2.8. Bebida refrescante..... | 13 |
| 2.9. Análisis físicos..... | 14 |
| 2.9.1. pH..... | 14 |
| 2.9.2. Sólidos suspendidos totales (SST)..... | 14 |
| 2.10. Análisis microbiológicos..... | 15 |
| 2.10.1. Coliformes fecales..... | 15 |
| 2.10.2. Recuento de mohos y levaduras..... | 15 |
| CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO..... | 16 |
| 3.1. Ubicación de la investigación..... | 16 |
| 3.2. Tipo de investigación..... | 16 |
| 3.2.1. Investigación experimental..... | 16 |
| 3.2.2. Método bibliográfico..... | 16 |
| 3.2.3. Método descriptivo..... | 17 |
| 3.3. Factores en estudio..... | 17 |
| 3.3.1. Factor a:..... | 17 |
| 3.3.2. Factor b:..... | 17 |
| 3.4. Tratamientos..... | 17 |
| 3.5. Diseño experimental..... | 17 |
| 3.5.1. Modelo matemático..... | 18 |
| 3.6. Unidad experimental..... | 18 |
| 3.7. Manejo del experimento..... | 19 |
| 3.7.1. Diagrama de proceso de la bebida refrescante de zumo de caña de azúcar..... | 19 |
| 3.7.2. Descripción del proceso..... | 20 |
| 3.8. Variables a medir..... | 21 |
| 3.9. Herramientas a utilizar para evaluar las variables de respuesta..... | 21 |
| 3.9.1. Análisis físicos..... | 21 |
| 3.9.2. Análisis microbiológicos..... | 22 |

| | |
|---|-----------|
| 3.9.3. Análisis sensorial..... | 22 |
| 3.9.4. Análisis estadístico..... | 23 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 24 |
| 4.1. Temperaturas de pasteurización en la clarificación del zumo de caña de azúcar con mucílago de cacao fino de aroma..... | 24 |
| 4.2. Porcentajes de mucílagos de cacao utilizados en la clarificación de zumo de caña de azúcar..... | 24 |
| 4.3. Parámetros físicos evaluados en bebida refrescante de zumo de caña clarificado..... | 25 |
| 4.4. Análisis estadístico de los parámetros evaluados en la bebida refrescante clarificada..... | 26 |
| 4.4.1. Pruebas no paramétricas para las variables en estudio..... | 27 |
| 4.5. Parámetros microbiológicos de la bebida refrescante de zumo de caña de azúcar clarificada..... | 32 |
| 4.6. Parámetros sensoriales valorados en la bebida refrescante de zumo de caña de azúcar clarificada..... | 33 |
| CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 36 |
| 5.1. Conclusiones..... | 36 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 36 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 38 |
| ANEXOS..... | 44 |

CONTENIDO DE CUADROS

| | |
|---|----|
| 2.1. Taxonomía de la caña de azúcar..... | 5 |
| 3.1. Detalles de los tratamientos | 18 |
| 3.2. Esquema del Anova..... | 18 |
| 3.3. Norma INEN del pH en bebidas | 21 |
| 3.4. Norma INEN de análisis microbiológicos para bebidas | 22 |
| 3.5. Análisis sensorial..... | 23 |
| 4.1. Análisis físicos practicados a los tratamientos en estudio..... | 25 |
| 4.2. Prueba de normalidad..... | 26 |
| 4.3. Análisis de pH en contraste con el Factor A..... | 27 |
| 4.4. Subconjuntos homogéneos para la variable pH..... | 28 |
| 4.5. Análisis de sólidos totales suspendidos en contraste con el Factor A..... | 29 |
| 4.6. Análisis de pH y sólidos suspendidos en contraste con el Factor B (temperatura de pasteurización.....) | 30 |

| | |
|--|----|
| 4.7. Subconjuntos homogéneos para la variable sólidos totales suspendidos..... | 31 |
| 4.8. Análisis microbiológicos de los tratamientos en estudio..... | 33 |
| 4.9. Resumen de hipótesis del análisis sensorial..... | 34 |
| 4.10. Subconjuntos homogéneos de los atributos sensoriales evaluados | 34 |
| 4.11. Subconjuntos homogéneos de las preferencias de los tratamientos..... | 35 |

CONTENIDO DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| 3.1. Diagrama Proceso de elaboración de la bebida refrescante de zumo de caña clarificado..... | 19 |
| 4.1. Porcentaje de mucilago de cacao fino de aroma (a1: 12% - a2: 14%) y su incidencia en el pH del zumo de caña de azúcar..... | 28 |

CONTENIDO DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| 4.1. Fluctuaciones promedio de pH en los tratamientos | 27 |
| 4.2. Sólidos suspendidos totales promedio en función de las temperaturas de pasteurización utilizadas..... | 31 |

RESUMEN

La investigación buscó determinar los efectos físicos, microbiológicos y organolépticos que producen dos porcentajes de mucílago de cacao (12 y 14) y tres niveles de temperatura de pasteurización (75, 85 y 95 °C) como método de clarificación del zumo de caña de azúcar para la obtención de una bebida refrescante. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (D.C.A.) con arreglo bifactorial A*B. Se realizaron tres repeticiones resultando 18 unidades experimentales de 500 mL. Las variables físicas evaluadas fueron sólidos suspendidos y pH. El análisis estadístico demostró diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el T3 (12% de mucílago de cacao a 95°C) el mejor debido a que presentó mayor clarificación con un promedio final de sólidos suspendidos totales (SST) de 0,0150 Kg/L. En la variable pH, el tratamiento T4 presentó la menor media con un valor de 3,86. Los resultados de los análisis microbiológicos (Coliformes fecales, recuento de mohos y levaduras) estuvieron dentro de la norma NTE INEN 2337 (2008) establecida para este tipo de producto. La evaluación sensorial realizada mediante una prueba afectiva por preferencias y analizada mediante el test estadístico de Friedman, posesionó el T3 como el más preferido entre los tratamientos.

Palabras claves: zumo de caña de azúcar; métodos de clarificación, sólidos suspendidos totales, pH, temperatura, evaluación sensorial.

ABSTRACT

The research sought to determine the physical, microbiological and organoleptic effects produced by two percentages of cocoa mucilage (12 and 14) and three pasteurization temperature levels (75, 85 and 95 °C) as a method of clarifying sugar cane juice for obtaining a refreshing drink. A Completely Random Design (D.C.A.) was applied with a two-factor A * B arrangement. Three repetitions were performed, resulting in 18 experimental units of 500 mL. The physical variables evaluated were suspended solids and pH. The statistical analysis showed significant differences between the treatments, being the T3 (12% of cocoa mucilage at 95°C) the best because it presented greater clarification with a final average of total suspended solids (SST) of 0.0150 Kg /L. In the pH variable, the T4 treatment presented the lowest mean with a value of 3.86. The results of the microbiological analyzes (fecal coliforms, mold and yeast count) were within the NTE INEN 2337 (2008) standard established for this type of product. Sensory evaluation performed using an affective preference test and analyzed using the Friedman statistical test, ranked T3 as the most preferred among treatments.

Keywords: sugar cane juice; clarification methods, total suspended solids, pH, temperature, sensory evaluation.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el Ecuador es de suma importancia en el área agroindustrial, puesto que este genera empleo directo, un 20% es designada a la fabricación de Panela y el 80% restante es destinada a la producción de azúcar y alcohol etílico a partir del jugo de caña y la melaza, la producción total nacional de sacos de azúcar actualmente supera los 10 millones, de los cuales una mínima parte es utilizada para la exportación (Pilco, 2011).

En el Ecuador la producción de caña de azúcar es realizada por 6 ingenios azucareros: EQ2 (conocido como la Troncal), San Carlos, Valdez, Isabel María, IANCEM y Monterrey, siendo los tres primeros quienes producen el 90 % de la producción nacional (Viejo, 2013).

El procesamiento industrial de la caña de azúcar en Ecuador está dirigido a la fabricación de azúcar, alcohol, melaza y panela, sin embargo, estos productos representan escasa rentabilidad para los pequeños productores de caña de azúcar (Herrera, 2015).

La provincia Manabí a pesar de no estar dentro de las de mayor volumen de producción de caña de azúcar en Ecuador, cuenta con una tradición productiva que data de más de 100 años, según censos del MAGAP, en la provincia existen más de 700 has de este cultivo, siendo una cadena productiva de importancia a nivel provincial (Herrera, 2015).

La caña de azúcar es la materia prima principal en la elaboración de diversos productos como son la panela, aguardiente y el alfeñique, siendo la comercialización de estos el sustento de las familias en el Cantón Junín, tal como manifiestan Demera *et al.*, (2015), uno de los problemas principales para la elaboración de dicho productos es en la etapa de clarificación del mosto de la caña de azúcar el cual presenta residuos e impurezas debido a no

poseer una fórmula estandarizada y mal uso de agentes clarificantes obteniendo productos de baja calidad.

La falta de tecnificación y control de parámetros de proceso son descuidadas, originando un producto de características poco aceptables para el consumidor, uno de los parámetros que deben ser controlados es la etapa de clarificación del mosto de caña de azúcar donde el uso de clarificadores naturales o de químicos, determinan la calidad del producto. Una adecuada clarificación del jugo de la caña, contribuye a la calidad nutritiva y sensorial del producto final, en aspectos como el color (Quezada y Gallardo, 2014).

El mosto debe contar con un estándar en cuanto a la calidad organoléptica, su color, el cual presenta un aspecto no agradable por la presencia de impurezas y de sólidos en suspensión, los mismos que no son extraídos de forma apropiada debido al incorrecto proceso de clarificación (Demera *et al.*, 2015).

En el proceso de obtención del zumo de caña de azúcar, una de las etapas que más influye en la calidad del producto final es la clarificación debido a que afectan especialmente los factores organolépticos, por esta razón se desea mejorar esta fase aplicando mucílago de cacao fino de aroma y temperaturas de pasteurización que no afecten sus valores nutricionales a la bebida refrescante que se pretende obtener.

En tal virtud, se hace la siguiente interrogante: ¿Será posible reducir los sólidos e impurezas en la clarificación del zumo de caña de azúcar con la utilización de varios niveles de temperatura y distintas concentraciones de mucílago de cacao fino de aroma?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La elaboración de diversos productos a partir de la caña de azúcar son de suma importancia para los habitantes del sector de Agua Fría de Junín debido a que son su sustento económico, con la presente investigación se pretende obtener una bebida refrescante a base del zumo de caña de azúcar que cumpla con los establecido por las NTE INEN 2337 y así llevar al mercado un

producto inocuo, con la aplicación de mucílago de cacao durante la etapa de clarificación del zumo debido a que esta etapa es uno de los factores que influyen en el producto, gracias a esto se podrá ofrecer al consumidor un producto de calidad y apto para el consumo humano.

Los clarificantes naturales como el mucílago de cacao, es una buena alternativa técnica debido a que este puede reemplazar a ciertos clarificantes de origen artificial, además este ha sido utilizado ancestralmente en la industria artesanal de la caña de azúcar en la fabricación de la panela, con la investigación se busca sustituir los compuestos químicos que son utilizados para clarificar el zumo de caña de azúcar en la actualidad, que a más de ser peligrosos para la salud de los consumidores pueden alterar las características fisicoquímicas del producto final que se pretende obtener.

Además, se utilizará el mucílago de cacao, subproducto de la industria del chocolate que se desperdicia causando un impacto al ambiente con su degradación a cielo abierto, su aprovechamiento como clarificante costaría menos, en tal virtud reducirá el costo de producción del producto que se pretende obtener.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los efectos físicos, microbiológicos y sensoriales de las temperaturas de pasteurización y concentraciones de mucílago de cacao fino de aroma en la clarificación del zumo de caña de azúcar para una bebida refrescante que cumpla con la norma técnica NTE INEN 2337.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer temperaturas de pasteurización y porcentajes de mucílago de cacao fino de aroma a utilizar en la clarificación del zumo de caña mediante revisión bibliográfica.

- Determinar los efectos de los niveles de temperatura y porcentajes de mucílago de cacao fino de aroma mediante método gravimétrico (sólidos suspendidos totales).
- Realizar análisis físicos y microbiológicos a la bebida refrescante que se obtiene del zumo clarificado de caña de azúcar.
- Determinar la aceptabilidad de la bebida refrescante mediante análisis sensorial.

1.4. HIPÓTESIS

Al menos uno de los porcentajes de mucílago de cacao fino de aroma y/o al menos un nivel de temperatura de pasteurización reducirá el pH y sólidos suspendidos totales (impurezas en la clarificación del zumo de caña de azúcar), para la obtención de una bebida refrescante.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*) representa un cultivo de gran importancia en la provisión de alimentos e insumos para la industria sucroquímica y bioenergética. El valor económico de este cultivo se basa en tres atributos: 1) es una especie altamente productiva; 2) es muy eficiente en el uso de insumos y recursos productivos; y 3) puede ser procesada de manera local y generar productos con valor agregado, tales como sacarosa, melaza, etanol y energía, todos ellos de fácil manejo, almacenamiento y transporte (Cadena, 2017).

La caña de azúcar es una planta monocotiledónea que pertenece a la familia de las poáceas, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que mediante su extracción y cristalización se forma el azúcar, además representa una actividad productiva y posee varios subproductos, entre ellos la producción de energía eléctrica derivada de la combustión del bagazo, alcohol de diferentes grados como carburante o farmacéutico (Loyo, 2018).

La caña de azúcar es un cultivo que despierta interés a nivel mundial por su importancia, no solo por la obtención de azúcar y sus derivados (Castellanos y otros 2016).

2.1.1. TAXONOMÍA

Cuadro 2.1. Taxonomía de la caña de azúcar.

| CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum officinarum</i> L) | |
|--|-----------------------|
| Reino | Vegetal |
| Tipo | Fanerógamas |
| Subtipo | Angiospermas |
| Clase | Monocotiledóneas |
| Orden | Glumales |
| Familia | Poáceas |
| Género | Saccharum |
| Especie | Spontaneum y Rubustum |

Fuente: López, (2015).

2.1.2. MORFOLOGÍA

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum.*) es una planta monocotiledónea que pertenece a la familia de las poáceas (López, 2015).

2.2. JUGO DE CAÑA O GUARAPO

Es una bebida obtenida a partir de la caña de azúcar mediante un proceso de molienda realizado por máquinas denominada trapiches, este producto se consume inmediatamente ya que se lo considera una bebida refrescante y energética por su alto contenido de miel proporcionando un sabor inigualable, este también se puede fermentar por algunos días alcanzando cierto grado alcohólico (Gutiérrez y Pulla, 2017).

Gutiérrez y Pulla (2017), mencionan que gracias a nutrientes presentes en la caña, el guarapo posee un gran valor nutricional, contiene minerales tales como: hierro, calcio, cobalto, cromo, potasio, magnesio, cloro, zinc y vitaminas; este a su vez posee altos porcentajes de antioxidantes, fibras solubles y fitonutrientes, sin embargo el contenido de proteínas es bajo, por consiguiente esta bebida es una gran fuente energética, en una cantidad apropiada es rico en sustancias antioxidantes como la presencia de compuestos fenólicos como flavonoides y ácidos cinámicos que son una fuente importante de antioxidantes en la dieta diaria.

2.3. CLARIFICACIÓN

El objetivo de la etapa de clarificación de jugo de caña es coagular los no azúcares llevándolo a temperaturas cercas al punto de ebullición adicionando agentes clarificantes (Quezada y Gallardo, 2014).

Mediante la clarificación se eliminan las impurezas presentes en el jugo por la acción de sustancias clarificadoras que pueden ser naturales como los mucílagos y químicos, el cual se realiza bajo el principio de flotación y sedimentación (Quezada *et al.*, 2016). En este proceso se inicia el calentamiento con vapor para promover la floculación de la cachaza con sustancias naturales (Naranjo, 2013).

En esta etapa se retiran impurezas, es decir se elimina sólidos en suspensión, como bagacillos, arena, tierra o sólidos solubles presentes en el jugo, la limpieza del jugo se realiza gracias a la acción combinada del calentamiento suministrado por la hornilla y la acción del floculante formando una masa homogénea que flota sobre el jugo y se permite que se extraiga manualmente (Fiestas, Santos, Banda, Valdiviezo y Arellano, 2015).

Cáceda (2017), menciona que la clarificación es una fase importante en la fabricación de jugos que incluye el proceso de coagulación floculación, en el cual las partículas presentes en el zumo se agrupan entre sí, obteniendo un peso específico mayor de los gránulos, sedimentando las partículas las cuales provocan la eliminación de los sólidos suspendidos totales, obteniendo un producto final inocuo y apto para el consumo humano, según las normas y estándares.

Demera *et al.*, (2015), indica que para eliminar los sólidos en suspensión presentes en el jugo de caña se debe someter al líquido a temperaturas cercas al punto de ebullición en conjunto de agentes clarificantes los cuales pueden ser de origen natural o agentes químicos.

2.3.1. PRINCIPIOS DE LA CLARIFICACIÓN

La clarificación se basa principalmente en la adición de un agente coagulante y floculante aplicando energía en la agitación, indispensable para la acción de los agentes que neutraliza las cargas electrostáticas de los coloidales suspendidos en el líquido, permitiendo su aglomeración hasta formar macropartículas de fácil sedimentación que puedan ser eliminadas por filtración, el objetivo de este proceso es obtener un jugo claro de color amarillo brillante, transparente y sedimentar todos los precipitados (cachaza) formados en el encalado para producir un jugo cristalino (Loyo, 2018).

2.3.2. TEMPERATURAS DE CLARIFICACIÓN

Quezada y Gallardo (2014), en su investigación, emplearon mucílago naturales en la clarificación del jugo de caña, se removieron los no azúcares

presentes en el jugo por efecto de la coagulación de los mucílagos (cachaza negra) a temperaturas de 91°C a 93 °C, mientras que la cachaza blanca se retiró a temperaturas superiores a la temperatura de ebullición del jugo (>93 °C).

Así en otra investigación de la clarificación de jugo de caña se aplicó temperaturas de 80°C, 90°C y 100°C indicando que los mejores resultados fueron con temperaturas de 90°C y 100°C, por ende, se obtiene un mejor resultado aplicando temperaturas mayores a la ebullición, y los porcentajes del agente clarificante (mucílago de nopal) fueron de 60 y 90 ml por cada 1000 ml de jugo de caña (Loyo, 2018).

Demera *et al.*, (2015), en su investigación obtuvieron mejores resultados aplicando temperaturas de 65°C. Sin embargo Olivia, Segundo y Oliva (2017), aplicaron temperaturas de 60°C, 70°C, y 80°C en la clarificación de jugo de caña con diferentes tipos de plantas mucilaginosas los cuales los mejores resultados fueron cadillo blanco, a una dosis de mucílago del 2% respecto al jugo y aplicado a temperatura de concentración en jugo de 70°C; en tanto para la variedad carriza se obtuvo mejor respuesta utilizando como agente clarificante balso blanco, a una dosis de mucílago del 2%, y aplicado a una temperatura de concentración en jugo de 70°C; y para la variedad colcamar demostró mayor respuesta en panela utilizando al cadillo de mula como fuente clarificante, a una dosis de mucílago del 1%, y aplicado a temperatura de concentración de jugo de 60 °C.

Muchas investigaciones demuestran que, en el caso de clarificación de jugo de caña, se obtienen mejores resultados aplicando temperaturas cercanas a las del punto de ebullición (Loyo, 2018).

2.3.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CLARIFICACIÓN

2.3.3.1. TEMPERATURA

Es importante tomar en cuenta que para que el proceso de clarificación sea efectivo, hay que tener un control adecuado en cuanto a rangos de

temperatura a las cuales se somete al líquido, ya que es el factor más importante para lograr que las partículas insolubles reaccionen con el clarificante, haciendo que estas coagulen y floculen en forma de cachaza (Loyo, 2018).

2.3.3.2. AGITACIÓN

El tiempo de agitación está relacionado directamente con el número de colisiones entre las partículas suspendidas en el líquido a clarificar necesarias para la formación de flóculos (Loyo, 2018).

2.3.4. ETAPAS DE LA CLARIFICACIÓN

2.3.4.1. COAGULACIÓN

La coagulación o formación de partículas de mayor tamaño y densidad, estas partículas son fácilmente removibles por medio físicos, cuando los jugos llegan a temperaturas entre 75-82°C se forma en la superficie la llamada "cachaza negra" capa inicial de impureza la cual se retira usando tamizadores conocidos como cachaceras (Vecilla, 2016).

La coagulación con mucílagos genera una serie de reacciones físicas y químicas entre el coagulante y el jugo que desestabilizan las fuerzas de interacción entre las partículas produciendo el arrastre de las mismas con el mucílago (Quezada y Gallardo, 2014).

2.3.4.2. FLOCULACIÓN

Proceso por el cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas que tienen un peso específico superior al de la solución, y que son llamadas "flóculos", es la formación de tales copos causados por el choque de las partículas, que se hallan emulsionadas o en solución coloidal, precede a la coagulación y consiste en la precipitación de las partículas sólidas las cuales, sin fundirse unas en otras, permanecen aprisionadas en la masa (Bustamante, 2017).

2.3.5. DESECHOS EN EL PROCESO DE CLARIFICACIÓN

En la etapa de clarificación surge la eliminación de las cachazas que son sólidos en suspensión, tales como bagacillos, hojas, arenas, tierra, sustancias coloidales y sólidos solubles presentes en el jugo de la caña (FAO, 2008).

Los sólidos en suspensión se agregan entre sí y forman una masa homogénea que se conoce como cachaza, la cual flota sobre el jugo y permite extraerla manualmente (FAO, 2008).

Cachaza negra: Es la capa inicial de impurezas, se retira a la cachacera para separar el jugo extraído con la cachaza.

Cachaza blanca: Es la segunda capa que se forma, es más liviana y se debe retirar con prontitud, antes de que los jugos alcancen la temperatura de ebullición, para poder remover las impurezas (FAO, 2008).

2.3.5.1. BAGAZO

El término “bagazo” se refiere al residuo fibroso resultante de la extracción de jugo de una fruta o planta, el bagazo de caña de azúcar es un material leñoso, consiste en un residuo fibroso obtenido del prensado y extracción de los jugos de la caña, formado mayoritariamente de agua, fibra celulosa y pequeñas cantidades de sólidos solubles, su composición variará dependiendo del tipo de caña, su madurez, método de cosecha y la eficiencia del ingenio (Merchán, 2017).

El bagazo es el residuo después de la extracción del jugo de la caña por cualquier medio, molino o presa (Palma, 2015).

2.3.5.2. CACHAZA

La cachaza (subproducto obtenido en el proceso industrial de elaboración del azúcar de caña) está constituida de materia orgánica y contiene especialmente P, también, N, Ca, K, Mg (Saucedo *et al.*, 2015).

2.4. COAGULACIÓN

La coagulación o formación de partículas de mayor tamaño y densidad, estas partículas son fácilmente removibles por medio físicos, cuando los jugos llegan a temperaturas entre 75-82°C se forma en la superficie la llamada “cachaza negra” capa inicial de impureza la cual se retira usando tamizadores conocidos como cachaceras (Vecilla, 2016).

La coagulación con mucílagos genera una serie de reacciones físicas y químicas entre el coagulante y el jugo que desestabilizan las fuerzas de interacción entre las partículas produciendo el arrastre de las mismas con el mucílago (Quezada y Aguilar, 2014).

2.5. SEDIMENTACIÓN

Es una operación de separación de fases fluido-sólido en la que las partículas sólidas se separan del fluido debido a que, por su mayor densidad, tienden a sedimentar debido a la gravedad, el fluido puede ser un líquido o gas (Huerta, 2017).

2.6. CLARIFICANTES DE ORIGEN NATURAL

Un clarificador natural es una sustancia que tiene la propiedad de hacerla clara, limpiar o darle transparencia al producto aplicado, por su consistencia babosa atrapa la mayor cantidad de impurezas o no azúcares presentes en el jugo y que han sido coagulados por la temperatura, el efecto se evidencia a temperaturas superiores cuando se calienta jugo en un envase por su característica polar, las fuerzas que unen sus moléculas comienzan a perder cohesión, y al moverse con más rapidez, escapan del líquido y se mezclan con el aire como vapor de agua (Quezada y Gallardo, 2014).

2.6.1. MUCÍLAGO

Los mucílagos en conjunto con la temperatura son de suma importancia en la clarificación de jugo de caña ya que ayudan en la retención de líquidos debido a que son polisacáridos hidrocoloides con grupos hidroxilos, estos se obtienen

a partir de glúcidos gelatinosos y viscosos, haciendo que aumenten de volumen (Quezada et al., 2016).

Por otra parte Quezada y Gallardo (2014), afirman que el mucílago es una sustancia de origen vegetal, este es un fluido complejo cuya reacción puede ser ácida o neutra, su función es diversa, dependiendo de la planta de donde se extraiga y con alto peso molecular, están formados por polisacáridos celulósicos con propiedades clarificantes e igual número de azúcares que las gomas y pectinas, por lo que tienden a confundirse con estas, las cuales se diferencian por sus propiedades físicas.

2.6.1.1. CLASIFICACIÓN DE LOS MUCÍLAGOS

2.6.1.2. MUCÍLAGOS NEUTROS

Compuestos por manosa y galactosa, glucosa, o ambas (Benítez, 2016).

- Estrictamente insolubles en agua.
- Tradicionalmente mal llamados «gomas», pero están preformados en el endosperma de las semillas (Benítez Cruz, 2016).

2.6.1.3. MUCÍLAGOS ÁCIDOS

- Heterogéneos y difíciles de clasificar químicamente.
- Muy distribuidos por el reino vegetal: Algas, plantas (Benítez, 2016).

2.6.2. PROPIEDADES Y BENEFICIOS

Cáceda (2017), menciona que los mucílagos son un tipo de fibra soluble que aporta propiedades nutricionales en una dieta sana y equilibrada; se encuentran en una amplia diversidad de alimentos tales como: frutas, legumbres y frutos secos, estas sustancias crean coloides poco viscosos en agua, la precipitación con estas sustancias forma reacciones químicas y físicas entre el coagulante y el jugo de caña que desestabilizan las fuerzas de interacción entre las partículas produciendo el arrastre de las mismas con el mucílago.

2.7. MUCÍLAGO DE CACAO

El mucílago del cacao (*Theobroma cacao L.*) es un tejido parenquimático de color blanco formado por células alargadas derivadas del endocarpio que se fusiona con el tegumento de la semilla tomando consistencia mucilaginosa cuando alcanza la madurez (Quingaísa y Riveros, 2007) citado por (Luna, 2018).

Santana *et al.*, (2018), mencionan que a nivel nacional se han realizado estudios referentes a la reutilización del mucílago de cacao como materia prima en la elaboración de alimentos de consumo humano, las semillas de cacao o almendras tienen un alto porcentaje de azúcar siendo este de 10 a 15%, contiene pectina en un 1% y 1,5% de ácido cítrico, debido a la presencia de microorganismos esta sustancia es removida e hidrolizada generando el proceso de fermentación, este también contiene carbohidratos, sales minerales y ácido ascórbico, es decir, todos estos componentes en sinergia ayudan a obtener una bebida hidratante calmando la sed, reforzando la reposición de electrolitos y suministrando altas fuentes de energía de fácil absorción.

2.8. BEBIDA REFRESCANTE

Es el producto sin fermentar, pero fermentable, obtenido de la dilución del jugo o pulpa de fruta, concentrados o sin concentrar o la mezcla de éstos, provenientes de una o más frutas con agua, ingredientes edulcorantes y otros aditivos permitidos (NTE INEN 2337, 2008).

En sus orígenes las bebidas refrescantes solo se relacionaban con farmacias y en el área de salud, el proceso de elaboración de las primeras bebidas refrescantes era sencillo el cual se ejecutaba con agua natural o aguas gaseosas naturales en unión de edulcorantes de origen natural como la miel y frutos, el sector de las bebidas es uno de los que proporciona más diversidad de la industria de alimentos ya que se elaboran gran cantidad de combinaciones de insumos que dan lugar a una gran variedad de productos que permiten satisfacer las necesidades que de los consumidores (Jiménez, 2017).

2.9. ANÁLISIS FÍSICOS

2.9.1. pH

El pH de los alimentos tiene por objetivo medir de forma cuantitativa la acidez y las condiciones higiénicas del mismo, este factor es uno de los principales el cual afecta la calidad del mismo, es la medida de acidez o alcalinidad de un producto, con un pH bajo (condiciones ácidas) se detiene el crecimiento de bacterias ayudando en la conservación de los alimentos (Chavarrías, 2013).

2.9.2. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)

Según Herrera (2011), los Sólidos Suspendidos totales también llamados sólidos insolubles se encuentran presentes en el jugo u otro líquido, los cuales se pueden remover por medios mecánicos, así mismo la Norma Salvadoreña (2009), define a los sólidos suspendidos totales o en suspensión como sólidos no solubles que representan la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos totales disueltos.

Estos pueden corresponder a tierra, gomas, bagacillo, microorganismos, azúcar y cristalizado (Mazariegos, 2013), por otro lado, Escudero y Diestra (2016), define a los sólidos suspendidos como las ceras, grasas, bagacillo, suelo, arena y partículas de arcilla presentes en el zumo de caña.

Según la FAO (2008), los sólidos suspendidos son cachazas tales como bagacillos, hojas, arenas, tierra, sustancias coloidales; por otra parte Hernández (2014), afirma que estas partículas en suspensión se les conoce como cachaza y se clasifican en dos partes de acuerdo a su aspecto, siendo la cachaza negra la capa inicial de impurezas que se caracteriza por tener partículas de mayor tamaño y densidad y la cachaza blanca, que es la segunda capa que se forma, es más liviana y se debe retirar con prontitud, antes de que los jugos alcancen la temperatura de ebullición, ya que de lo contrario es más difícil retirarlos y provocan el oscurecimiento del producto final.

2.10. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

2.10.1. COLIFORMES FECALES

Los coliformes fecales son aquellos que fermentan la lactosa a $44,5^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ y producción de indol, crecen en un medio de cultivo, principalmente *Escherichia coli* (90%) y ciertas bacterias de los géneros *Klebsiella* y *Citrobacter*. El análisis de coliformes fecales positiva indica un 90% de probabilidad de que el coliforme aislado sea *Escherichia coli*. Se utiliza como un indicador de contaminación fecal en alimentos por ende determina si el alimento ha sido manejado durante todo el proceso en condiciones que aseguren su higiene y sean aptos para el consumo humano (Campuzano et al., 2015).

2.10.2. RECuento DE MOHOS Y LEVADURAS

Las levaduras son hongos unicelulares de forma esférica, alargada u ovalada, presentan diferentes colores: blanco, rosado, beige o rojo. Su tamaño oscila entre 2,5 – 10 micrómetros de ancho y 4,5 - 21 micrómetros de largo. Son microorganismos anaerobios facultativos.

Estos microorganismos son una fuente de contaminantes de los alimentos ya que estos se encuentran distribuidos a gran escala en la naturaleza, siendo parte de la flora normal de ciertos productos. Un pequeño porcentaje de levaduras aproximadamente un 25% pueden alterar los alimentos causando su deterioro debido a la utilización de carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas y lípidos, originando olores desagradables y alterando otros atributos como el sabor y el color en la superficie del producto contaminado, permitiendo el desarrollo de bacterias patógenas (Campuzano *et al.*, 2015).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrolló en los Talleres de Frutas y Hortalizas y Laboratorios de Bromatología y Microbiología de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, que geográficamente se encuentra situada entre las siguientes coordenadas: 0°49'27" Latitud sur, 80°10'47.2" Longitud oeste y una Altitud de 15 msnm Calceta –Manabí – Ecuador (Google, 2019).

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para la ejecución de la presente investigación se tomaron en cuenta métodos que se describen a continuación, mismos que permitieron el desarrollo y análisis del objeto de estudio.

3.2.1. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

Esta investigación tuvo un enfoque experimental debido a que se manipularon variables para medir su efecto y evolución. Dicho de otra forma, la experimentación consistió en hacer cambios de valores en la variable independiente y observar su efecto en la variable dependiente. Esto se llevó a cabo en condiciones controladas a nivel de laboratorio, donde se manipulan porcentajes de mucílago de cacao fino de aroma y temperaturas de pasteurización en zumo de caña de azúcar con la intención de clarificar el mismo y determinar de qué forma influyen estas variables (Marradi, 2013).

3.2.2. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO

Este método de investigación es el sistema que se sigue para obtener información contenida en documentos con información que ha sido corroborada, por lo que, mediante las técnicas y estrategias de búsqueda, permitió localizar, identificar y acceder a aquella documentación que contienen la información pertinente para la investigación y así entender de forma más clara y precisa el objeto de estudio (Gómez *et al.*, 2014).

3.2.3. MÉTODO DESCRIPTIVO

Implica la recopilación y presentación sistemática de datos para dar una idea clara de una determinada situación. Este método se utilizó con la finalidad de evaluar el comportamiento del objeto de estudio; el mismo permitió recoger, organizar, resumir, presentar, analizar y generalizar los resultados de las observaciones efectuadas (Gómez, Navas, Aponte y Betancourt, 2014).

3.3. FACTORES EN ESTUDIO

Los factores establecidos fueron:

3.3.1. FACTOR A: Porcentaje de mucílago de cacao.

Niveles:

a₁: 12%

a₂: 14%

3.3.2. FACTOR B: Temperatura en grados Celsius.

Niveles:

b₁: 75°C

b₂: 85°C

b₃: 95°C

3.4. TRATAMIENTOS

Los datos obtenidos del diseño experimental fueron 6 tratamientos con 3 réplicas obteniendo 18 unidades experimentales los cuales se analizaron en el programa estadístico SPSS versión 21 IBM, de aplicación general.

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (D.C.A.) con un arreglo factorial A*B; donde el factor A correspondió a la cantidad de mucílago y el factor B a la temperatura utilizada en el proceso.

Cuadro 3.1. Detalle de los tratamientos

| TRATAMIENTO | CÓDIGO | DESCRIPCIÓN |
|-------------|--------|--------------------------------|
| T1 | a1*b1 | 12% mucílago de cacao - 75°C |
| T2 | a1*b2 | 12% mucílago de cacao - 85°C |
| T3 | a1*b3 | 12% mucílago de cacao - 95°C |
| T4 | a2*b1 | 14% mucílago de cacao - 75°C |
| T5 | a2*b2 | 14% mucílago de cacao - 85°C |
| T6 | a2*b3 | 14%ml mucílago de cacao - 95°C |

Fuente: Autoras

Un diseño completamente al azar (DCA) en un arreglo bifactorial de 2*3 con seis tratamientos siendo replicados tres veces.

Cuadro 3.2. Esquema del ANOVA

| ANOVA | |
|---------------------|-------------------|
| Fuente de variación | Grado De Libertad |
| Total | 17 |
| Tratamiento | 5 |
| Factor A | 1 |
| Factor B | 2 |
| A*B | 2 |
| Error Experimental | 12 |

Fuente: Autoras.

3.5.1. MODELO MATEMÁTICO

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad [3.1]$$

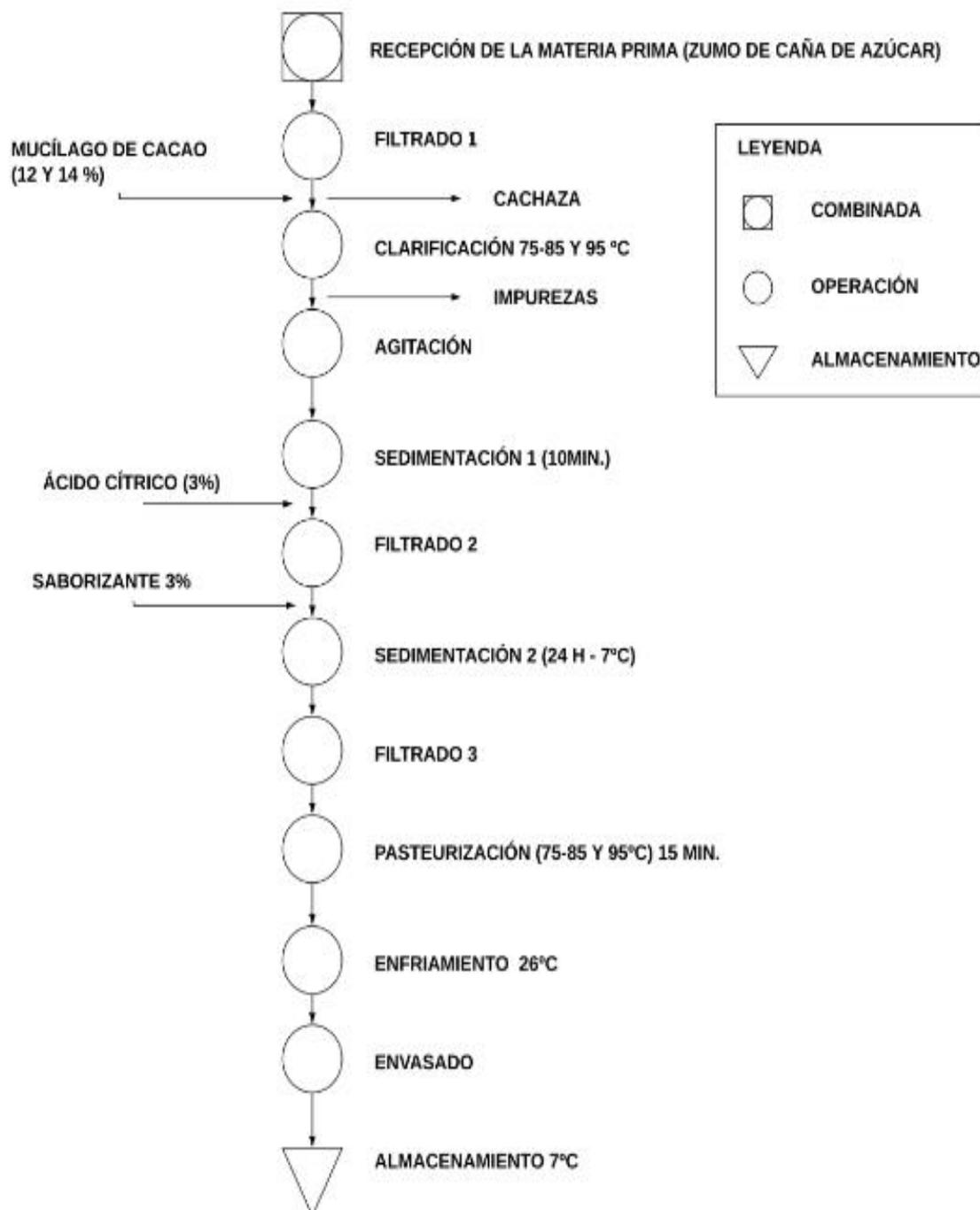
Donde μ es la media general, α_i es el efecto debido al i-ésimo nivel del factor A, β_j es el efecto del j-ésimo nivel del factor B, $(\alpha\beta)_{ij}$ representa al efecto de interacción en la combinación ij y ε_{ijk} es el error aleatorio que se supone sigue una distribución normal con media cero y varianza constante σ^2 ($N(0, \sigma^2)$) y son independientes entre sí.

3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental estuvo constituida de 500 ml del zumo de caña extraída de la microempresa fábrica de panela "Cristal" propiedad del señor Rodolfo Loor ubicada en el sitio Agua Fría del cantón Junín.

3.7. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.7.1. DIAGRAMA DE PROCESO DE LA BEBIDA REFRESCANTE DE ZUMO DE CAÑA DE AZÚCAR



3.1. Diagrama Proceso de elaboración de la bebida refrescante de zumo de caña clarificado.

3.7.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Recepción de materia prima: Se receiptó la caña de azúcar cortada en el trapiche, en un estado de madurez adecuado para ser procesado, una vez obtenido el zumo de caña se llevó a los laboratorios Bromatología de la ESPAM MFL de para realizar el respectivo proceso de clarificación.

Filtrado 1: Se realizó con la finalidad de separar los sólidos suspendidos totales con mayor tamaño de partícula contenidos en el zumo de caña luego de pasar por el molino de extracción de caña (trapiche), en un tamiz de 125 microns (Fieldmaster).

Clarificación: Se calentó el zumo de caña a temperatura de 75, 85 y 95 °C y se añadió el mucílago de cacao fino de aroma, en cantidades de (12 y 14 %).

Agitación: Una vez agregado el mucílago de cacao se agitó por dos minutos, el primero de estos a 200 RPM y el segundo a 400 RPM.

Sedimentación 1 (10 min): Se dejó actuar el mucílago de cacao, dejando en reposo por 10 min.

Filtrado 2: Pasado 10 min de reposo, se procedió al filtrado en un tamiz de 125 microns (Fieldmaster).

Sedimentación 2: Luego del filtrado se dejó sedimentar por 24 horas a temperatura de refrigeración (7°C).

Filtrado 3: Por tercera vez se realiza el último filtrado de los tratamientos en un tamiz de 125 microns (Fieldmaster).

Pasteurizado: Se realizó a temperaturas de 75, 85 y 95 °C por 15 min, a cada uno de los tratamientos y luego se agregó el ácido cítrico (3%).

Enfriamiento: Una vez enfriado el producto a una temperatura de 26°C, se agregó el saborizante de maracuyá (3%).

Envasado: La bebida refrescante se vertió en botellas de vidrio (330mL) previamente esterilizadas.

Almacenado: La bebida fue almacenada a 7°C.

3.8. VARIABLES A MEDIR

- Sólidos suspendidos totales (SST) y pH.
- Coliformes fecales, recuento de mohos y levaduras.
- Análisis sensorial de la bebida refrescante (olor, sabor, color y aceptabilidad).

3.9. HERRAMIENTAS A UTILIZAR PARA EVALUAR LAS VARIABLES DE RESPUESTA

3.9.1. ANÁLISIS FÍSICOS

3.9.1.1. pH

Para la realización de estos análisis se basó con la siguiente norma:

Cuadro 3.3. Norma INEN del pH en bebidas.

| REQUISITOS | ENTERA | | MÉTODO DE ENSAYO |
|------------|--------|-------|------------------|
| | pH | Min % | |
| | - | 4,5 | NTE INEN 389 |

Fuente: Autoras.

3.9.1.2. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)

Se realizó mediante el método gravimétrico utilizado para agua y adaptado al zumo de caña de azúcar de acuerdo a lo establecido por Demera *et al.*, (2015) en su investigación de similares características.

$$g \text{ SST} = \frac{(PPD-PPV)}{PM} \times 1000 \quad [3.2]$$

Datos:

PPV: Peso del papel filtro vacío.

PPD: Peso del papel filtro desecado.

PM: Peso de la muestra.

3.9.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Para la realización de estos análisis se basó en la siguiente norma:

Cuadro 3.3. Norma INEN de análisis microbiológicos para bebidas.

| REQUISITOS | ENTERA | | | MÉTODO DE ENSAYO |
|--|--------|------|----|------------------|
| | n | M | M | |
| Coliformes fecales NMP/cm ³ | 3 | < 3 | - | NTE INEN 1529-8 |
| Recuento de mohos y levaduras UP | 3 | < 10 | 10 | NTE INEN 1529-10 |

Fuente: Autoras.

3.9.3. ANÁLISIS SENSORIAL

Para determinar las características sensoriales de la bebida refrescante obtenida a partir del zumo de la caña clarificado, se aplicó una prueba afectiva de preferencia por ordenamiento; Espinosa (2007), indica que, el análisis sensorial consiste en ordenar varias muestras según la preferencia personal de un conjunto de consumidores, por lo cual, no es necesario que las muestras sean homogéneas, estas pruebas se las aplican con jueces no seleccionados ni entrenados previamente, denominando así los jueces afectivos, con este tipo de test se podrá analizar el rechazo, la aceptación, preferencia o nivel de agrado de uno o varios alimentos.

Se utilizó escala hedónica de 5 puntos en donde participaron 50 jueces no entrenados estudiantes del quinto y sexto semestre de la carrera de Agroindustria de la ESPAM MFL, los mismos que recibieron muestras, en vasos con volumen de 10 ml codificados, para esto se aplicó una ficha de acuerdo al análisis ya mencionado (**Anexo 7**), es importante mencionar que los atributos evaluados fueron: olor, sabor y color. Además, esto permitió establecer el mejor tratamiento por parte de los catadores. Esto se puede apreciar a continuación.

Cuadro 3.5. Análisis sensorial.

| ANÁLISIS SENSORIAL | | |
|--------------------|------------------------------|-----------|
| ESCALA | PREFERENCIA SENSORIAL | ATRIBUTOS |
| 1 | me agrada mucho | color |
| 2 | me agrada poco | |
| 3 | ni me agrada ni me desagrada | olor |
| 4 | Poco desagradable | |
| 5 | Desagradable | sabor |

Fuente: Autoras.

3.9.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de las variables en estudio se utilizó el software SPSS versión 21 (libre) y se efectuaron las siguientes pruebas:

- Supuesto del ANOVA: normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad (Levene).
- Las variables en estudio fueron analizadas con pruebas no paramétricas mediante el test estadístico de kruskal – Wallis.
- Los datos de las variables fueron representados mediante subconjuntos homogéneos y gráficos de dispersión.
- Los datos de la prueba sensorial fueron ordenados en Microsoft Excel 2013 y analizados mediante la prueba no paramétrica de Friedman.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. TEMPERATURAS DE PASTEURIZACIÓN EN LA CLARIFICACIÓN DEL ZUMO DE CAÑA DE AZÚCAR CON MUCÍLAGO DE CACAO FINO DE AROMA

En la pasteurización del zumo de caña de azúcar se establecieron temperaturas de 75 °C, 85 °C y 95 °C debido que entre estos rangos se consiguió mejores características de clarificación tal y como sucedió con Quezada y Gallardo (2014), Loyo (2018), Villalta (2012) y Demera y otros (2015), quienes en sus investigaciones aplicaron temperaturas comprendidas entre 65 °C – 100 °C obteniendo características de clarificación idóneas.

El mecanismo de clarificación del zumo de caña de azúcar utilizando mucílago de cacao, según lo indica Villalta (2012), se da en sinergia cuando este último es sometido a altas temperaturas, formando coagulación, mismo que permite la aglomeración de los sólidos suspendidos, llevándolos a la superficie por diferencia de densidades, formando una masa homogénea o también conocida como cachaza negra, la cual flota sobre el jugo y permite su separación manual debido a la presencia de polímeros celulósicos en el mucílago (Caicedo y Saa 2011).

4.2. PORCENTAJES DE MUCÍLAGOS DE CACAO UTILIZADOS EN LA CLARIFICACIÓN DE ZUMO DE CAÑA DE AZÚCAR

Se utilizó mucílago de cacao fino de aroma para el proceso de clarificación del zumo de caña de azúcar, debido a las características de esta sustancia en formar flóculos y atrapar sólidos suspendidos, en comparación a otras variedades de cacao, tal como lo indica Espinoza y Mendieta (2018). En esta investigación se establecieron relaciones de 12% y 14%, de la sustancia antes mencionada, mediante pruebas preliminares, mismas que permitieron una mayor aglutinación de partículas, debido a la presencia de grupos hidroxilos y su capacidad aglutinante (Quezada *et al.*, 2016).

Oliva y Segundo (2017), demostraron que los mucílago otorgan mayor y mejor clarificación en relación a otros agentes naturales. De igual forma, Godoy (2018), destaca las propiedades de estas sustancias, entre estos el de nopal (*Opuntia ficus-indica*). Por su parte, Demera y otros (2015), destacan características de aglutinación del muyuyo (*Cordia lutea*) y del mucílago de corteza de cacao, indicando que este último agente, removi6 la mayor cantidad de sólidos suspensión totales (SST) en relación de 13000 mg/L en su investigación a condiciones similares.

Buste (2019), menciona que estos mucílago de origen vegetal tienen un gran poder de floculación, permitiendo la aglutinación de las impurezas, facilitando y mejorando el proceso de limpieza de los zumos. Estos, forman soluciones no t6xicas, que no tienen olor, color, ni sabor y suelen ser a1adidas al zumo de ca1a de azúcar como coadyuvante de clarificación sin que se alteren sus características organolépticas.

4.3. PARÁMETROS FÍSICOS EVALUADOS EN BEBIDA REFRESCANTE DE ZUMO DE CAÑA CLARIFICADO

En el **Cuadro 4.1** se puede apreciar los resultados de los análisis físicos practicados a los tratamientos en estudio, mismos que corresponden a pH y sólidos suspendidos totales.

Cuadro 4.1. Análisis físicos practicados a los tratamientos en estudio

| TRATAMIENTOS FÍSICOS | | | | | | | |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------------|
| ANÁLISIS | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | UNIDADES |
| pH | 4,63 | 4,56 | 4,63 | 3,86 | 4,66 | 4,2 | Potencial de hidrógeno |
| Sólidos suspendidos totales | 0,0733 | 0,0233 | 0,0150 | 0,0183 | 0,0200 | 0,0156 | Kg /L |

Fuente: Laboratorio bromatológico (ESPAM MFL).

En esta investigación el pH del zumo de ca1a de azúcar sin clarificar fue de 4,7 y una vez obtenida la bebida refrescante se obtuvo un valor medio de 4,42; este comportamiento es ocasionado por la precipitación de grupos fosfatos (alcalinos) en forma de sales insolubles (Matute y otros 2012). Según Avalos y Ponte (2019), en su estudio, efecto del pH y temperatura en la

clarificación del jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) por carbonatación, señala que a temperaturas entre 50 °C y 90°C, el pH del zumo de caña desciende debido al aumento de los °Brix, el cual inició con un pH de 11 y finalizó en 6,8.

Loyo (2018), en su estudio indica un pH inicial en zumo de caña de 6,11 y un final de 6,04; por otra parte, Bustamante (2017), utilizó agentes clarificadores del balso, cadillo y polímero de vituca, teniendo un potencial de hidrógeno (pH) inicial de 5,37 y valores finales entre 5,5 y 6, de la misma forma, Aguirrez (2011), en su investigación, jugo de caña de azúcar envasada en vidrio, presentó valores iniciales de 4 y final de 3,76; mismos que descendieron al igual que en la presente investigación.

4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS EN LA BEBIDA REFRESCANTE CLARIFICADA

Los resultados correspondientes a pH y sólidos suspendidos totales (**Cuadro 4.1**) presentados en la bebida de zumo de caña de azúcar, fueron sometidos a un análisis estadístico, donde se comprobó la distribución normal de los datos mediante los supuestos del ANOVA (Normalidad y Homogeneidad). La prueba de normalidad efectuada mediante el test de Shapiro - Wilk, demostró que los resultados para estas dos variables no se distribuyen normalmente debido a que su significancia fue < 0.05 para ambas variables, tal y como se puede ver en el **Cuadro 4.2**.

Cuadro 4.2. Prueba de normalidad

| ANÁLISIS FÍSICOS | SHAPIRO-WILK | | |
|-----------------------------|--------------|----|-------|
| | Estadístico | GI | Sig. |
| pH | 0,815 | 18 | 0,003 |
| Sólidos_suspendidos_totales | 0,654 | 18 | 0,000 |

Fuente: Software SPSS 21

En vista de que las variables analizadas no cumplieron con la prueba de normalidad, estas pasaron a ser analizadas mediante pruebas no paramétricas

con el test estadístico de Kruskal – Wallis por lo que no fue necesario realizar el supuesto de homogeneidad.

4.4.1. PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS PARA LAS VARIABLES EN ESTUDIO

La interacción entre el factor A (porcentajes de mucílago de cacao) y la variable respuesta pH, mediante la prueba de Kruskal – Wallis de muestras independientes, demostró diferencias entre los tratamientos, por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la alternativa, la cual indica diferencias estadísticas entre las categorías del factor antes mencionado, lo cual se pone de manifiesto en el **Cuadro 4.3**.

Cuadro 4.3. Análisis de pH en contraste con el Factor A.

| RESUMEN DE PRUEBA DE HIPÓTESIS | | | | |
|---|---|--|-------|-----------------------------|
| | HIPÓTESIS NULA | TEST | SIG. | DECISIÓN |
| 1 | La distribución de pH es la misma entre las categorías de Factor_A. | Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes | 0,034 | Rechazar la hipótesis nula. |
| Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05. | | | | |

Fuente: Software SPSS 21.

El análisis estadístico indicó que el mucílago de cacao, en las cantidades establecidas (12% - 14%), tuvo incidencia sobre el potencial de hidrógeno (pH) en el zumo de caña de azúcar, reportándose valores comprendidos entre 3,86 – 4,66, tal y como se lo puede apreciar en el **Gráfico 4.1**.

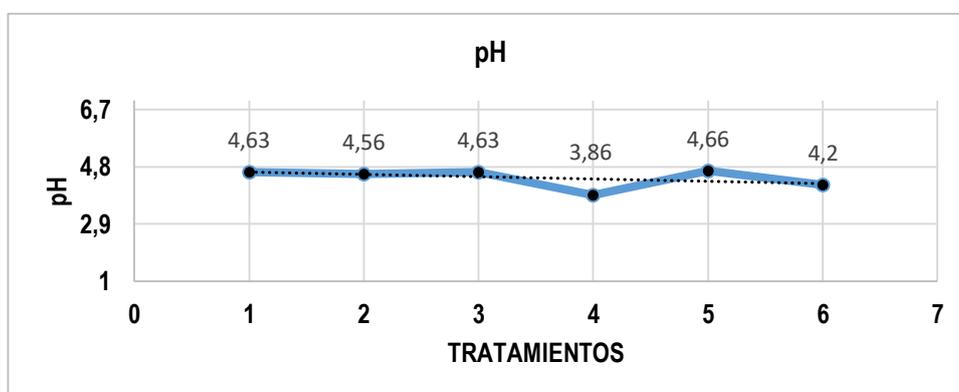


Gráfico 4.1. Fluctuaciones promedio de pH en los tratamientos.

Debido a que el porcentaje de mucílago de cacao fino de aroma, fue el factor determinante en las diferencias presentadas para la variable pH, se muestra a continuación la **Figura 4.1** de cajas y bigotes de las fluctuaciones promedios de las dos relaciones utilizadas, donde la relación a_2 (14% de mucílago) otorgó el mayor potencial de hidrógeno en la bebida de zumo de caña azúcar.

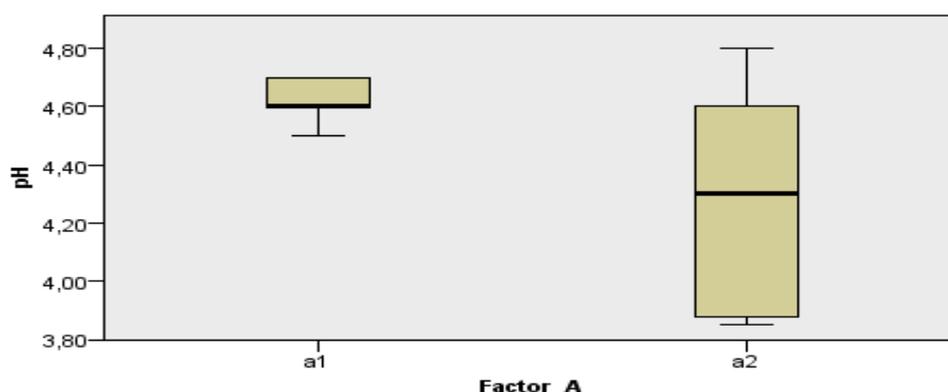


Figura 4.1. Porcentaje de mucílago de cacao fino de aroma (a_1 : 12% - a_2 : 14%) y su incidencia en el pH del zumo de caña de azúcar.

Las diferencias presentadas en los tratamientos referentes a pH, se puede apreciar en el **Cuadro 4.4**, donde mediante subconjuntos homogéneos se categorizó y se estableció las diferencias para esta variable, basándose en significancias asintóticas, donde el tratamiento T4 (14% mucílago – 75°C) se ubica en el subconjunto uno con la menor media para esta variable (pH); mientras que los demás tratamientos se ubicaron en el subconjunto dos, indicando similitud estadística.

Cuadro 4.4. Subconjuntos homogéneos para la variable pH.

| SUBCONJUNTOS HOMOGÉNEOS BASADOS EN PH | | | |
|---------------------------------------|----|-------------|--------|
| | | Subconjunto | |
| | | 1 | 2 |
| Muestra ¹ | T4 | 2,000 | |
| | T6 | | 5,000 |
| | T2 | | 10,333 |
| | T1 | | 13,000 |
| | T3 | | 13,000 |
| | T5 | | 13,667 |
| Sig. (prueba de 2 caras) | | . | 0,080 |
| Sig. ajustada (prueba de 2 caras) | | . | 0,080 |

Fuente: Software SPSS 21.

Con respecto a la interacción del Factor A y la variable sólidos suspendidos totales, el análisis retuvo la hipótesis nula por lo que no existió diferencias estadísticas entre sus categorías, mismo que se pone de manifiesto en el **Cuadro 4.5**.

Cuadro 4.5. Análisis de sólidos totales suspendidos en contraste con el Factor A.

| RESUMEN DE PRUEBA DE HIPÓTESIS | | | | |
|---|--|--|-------|----------------------------|
| | HIPÓTESIS NULA | TEST | SIG. | DECISIÓN |
| 2 | La distribución de Sólidos_suspendidos_totales es la misma entre las categorías de Factor_A. | Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes | 0,144 | Retener la hipótesis nula. |
| Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05. | | | | |

Fuente: Software SPSS 21.

En la distribución de los sólidos suspendidos totales (SST), los porcentajes de mucílago de cacao no tuvieron mayor incidencia y la razón es porque individualmente esta variable (mucílagos), no puede llevar a cabo su actividad de floculación y aglutinación de coloides, al no estar en sinergia con altas temperaturas, mismas que cambian la estructura del mucílago y potencia las propiedades antes mencionadas (Quezada y Gallardo 2014).

Lo que respecta al factor B, temperaturas de pasteurización (75°C – 85°C – 95°C), el análisis estadístico indicó que las mismas temperaturas, no incidieron sobre la variable pH debido a que su significancia fue $p_ > 0,05$ (**Cuadro 4.6**) por lo que se retiene la hipótesis nula, la cual indicó que no existió diferencias entre sus categorías. Esto se debe a que los jugos de caña de azúcar con un pH superior a 8, presentan efectos negativos luego de su clarificación, debido a la acumulación de sales cálcicas en su matriz (Matute *et al.*, 2012).

En contraste del factor antes mencionado con la variable, sólidos suspendidos totales, se presentaron diferencias estadísticas ($p_ < 0,05$), por lo que el análisis sugirió un rechazo de la hipótesis nula, tal y como se muestra a continuación

Cuadro 4.6. Análisis de pH y sólidos suspendidos en contraste con el Factor B (temperatura de pasteurización).

| RESUMEN DE PRUEBA DE HIPÓTESIS | | | | |
|--------------------------------|--|--|-------|-----------------------------|
| | Hipótesis nula | Test | Sig. | Decisión |
| 1 | La distribución de pH es la misma entre las categorías de Factor_B. | Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes | 0,315 | Retener la hipótesis nula. |
| 2 | La distribución de Sólidos_suspendidos_totales es la misma entre las categorías de Factor_B. | Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes | 0,011 | Rechazar la hipótesis nula. |

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Fuente: Software SPSS 21.

En consecuencia, el Factor B (temperaturas de pasteurización) fue determinante en la clarificación del zumo de caña de azúcar, al tener incidencia sobre los sólidos suspendidos totales (SST), tal y como sucedió con Quezada y Gallardo (2014), Demera y otros (2015), Oliva y otros (2017), quienes, en sus investigaciones, utilizaron temperaturas comprendidas entre 60 °C y 100 °C obteniendo características clarificación idóneas en el zumo de caña.

La alta temperatura incidió sobre el mucílago de cacao utilizado en esta investigación, debido a que al estar expuesto al calor cambió su estructura, potenciando su capacidad de floculación, reteniendo los sólidos suspendidos totales. Según Demera *et al.*, (2015), la interacción de estas temperaturas con el zumo de caña junto al mucílago de cacao, produce un mayor contacto entre las partículas debido a la abundante formación de puentes químicos entre ellas, creando una fuerte malla de coágulos necesarios para mover los sólidos en suspensión, además, este mismo autor resalta que esto se debe a las relaciones aplicadas y que para obtener un jugo de caña clarificado, las variables independientes (porcentaje de mucílago – altas temperaturas) deben trabajar en conjunto para poder llevar a cabo su actividad de clarificación.

En esta investigación, se obtuvieron resultados favorables en la clarificación del zumo de caña de azúcar, con características de claro y brillante (**Anexo 1 – Anexo 3**), condiciones de un proceso eficiente debido a una rápida floculación y buena coagulación de coloides por acción de los mucílagos. En el

Gráfico 4.2 se puede apreciar como las temperaturas influyen sobre la remoción de los sólidos suspendidos totales en la bebida de caña de azúcar, donde en promedio, la temperatura de 95°C en conjunto con las relaciones de mucílago (12 y 14%), fue la que presentó menor concentración de partículas, siendo la de mayor eficiencia en el proceso.

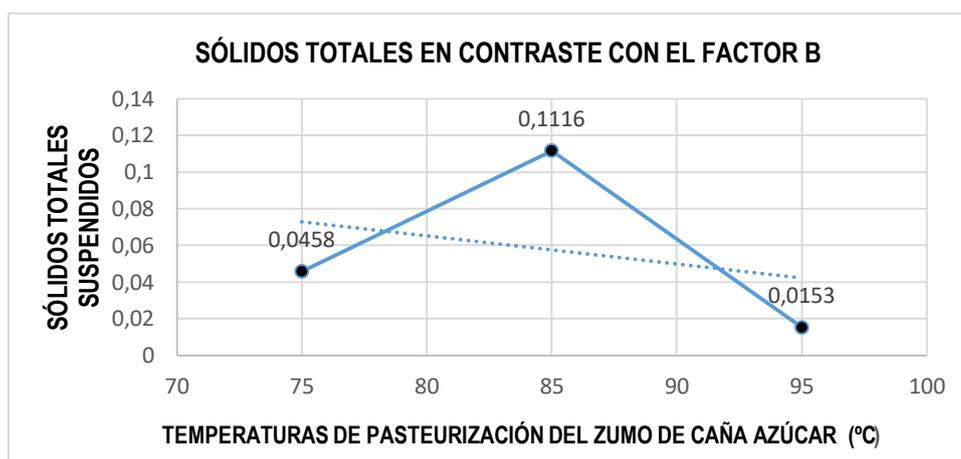


Gráfico 4.2. Sólidos suspendidos totales promedio en función de las temperaturas de pasteurización utilizadas.

En el **Cuadro 4.7** se muestran los subconjuntos homogéneos de los tratamientos para la variable sólidos suspendidos totales, estos se basan en significancias asintóticas. Cada casilla muestra el rango de media de muestras.

Cuadro 4.7. Subconjuntos homogéneos para la variable sólidos totales suspendidos.

| SUBCONJUNTOS HOMOGÉNEOS BASADOS EN SÓLIDOS_SUSPENDIDOS_TOTALES | | | |
|--|----|-------------|----------------|
| | | Subconjunto | |
| | | 1 | 2 |
| Muestra ¹ | T3 | 3,667 | |
| | T6 | 4,833 | |
| | T4 | 8,667 | |
| | T5 | 9,500 | |
| | T2 | 13,333 | |
| | T1 | | 17,000 |
| Probar estadística | | 9,056 | , ² |
| Sig. (prueba de 2 caras) | | ,060 | . |
| Sig. ajustada (prueba de 2 caras) | | ,060 | . |

Fuente: Software SPSS 21.

En el **Cuadro 4.7** se muestran las diferencias entre tratamientos, donde el análisis ubicó a cinco de los seis en un mismo subconjunto, dejando a T1 en un subconjunto diferente con la mayor media. Este análisis ubicó al T3 en primer lugar debido a que posee la menor concentración de sólidos suspendidos, seguido del T6. En consecuencia, se establece al T3 como el mejor de todos, con un valor promedio de 0,0150 Kg/L de sólidos suspendidos totales, mismo que coincide con los valores reportados por Demera (2015), quien obtuvo en su mejor tratamiento, una cantidad de 0,01987 kg/L, logrando retirar un 59,785% de residuos, mientras que en esta unidad experimental (T3), en relación a la cantidad inicial de sólidos (0,04859 kg/L) en el zumo sin clarificar se logró retirar un 67,73% de residuos.

4.5. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DE LA BEBIDA REFRESCANTE DE ZUMO DE CAÑA DE AZÚCAR CLARIFICADA

Los tratamientos fueron sometidos a análisis microbiológicos de Coliformes Fecales (NMP/mL), Mohos y Levaduras (UFC/g), en base a lo que establece la norma NTE INEN 2337 (2008). Los resultados para Coliformes Fecales (NMP/mL) fueron negativos para todos los tratamientos, mientras que lo correspondiente a Mohos y Levaduras (UFC/g) se presentaron crecimientos en los tratamientos T1, T2, T4, T5 y T6, sin embargo, la carga microbiana para estos tratamientos es aceptable debido que está dentro de los rangos permitidos de acuerdo a lo que indica la norma antes mencionada. Es importante mencionar que la baja carga microbiana se debió a las temperaturas de pasteurización que se utilizaron en los tratamientos con el objetivo de clarificar la bebida de zumo de caña de azúcar. Los resultados de los análisis se pueden apreciar en el **Cuadro 4.8**.

Cuadro 4.8. Análisis microbiológicos de los tratamientos en estudio.

| MUESTRA POR TRATAMIENTO | PRUEBAS SOLICITADAS | RESULTADOS | UNIDAD |
|-------------------------|--|-----------------------------------|------------------|
| TRATAMIENTO 1 R1 | Escherichia coli Mohos - Levaduras | Negativo Ausencia | NMP/ml UFC/ml |
| TRATAMIENTO 1 R2 | Escherichia coli Mohos - Levaduras | Negativo Ausencia | NMP/ml UFC/ml |
| TRATAMIENTO 1 R3 | Escherichia coli Mohos - Levaduras | Negativo 1,0 x 10 ¹ | NMP/ml UFC/ml |
| TRATAMIENTO 2 R1 | Escherichia coli Mohos - Levaduras | Negativo 1,0 x 10 ² | NMP/ml UFC/ml |
| TRATAMIENTO 2 R2 | Escherichia coli Mohos - Levaduras | Negativo Ausencia | NMP/ml UFC/ml |
| TRATAMIENTO 2 R3 | Escherichia coli Mohos - Levaduras | Negativo 1,0 x 10 ¹ | NMP/ml UFC/ml |
| TRATAMIENTO 3 R1 | Escherichia coli Mohos - Levaduras | Negativo Ausencia | NMP/ml UFC/ml |
| TRATAMIENTO 3 R2 | Escherichia coli Mohos - Levaduras | Negativo Ausencia | NMP/ml UFC/ml |
| TRATAMIENTO 3 R3 | Escherichia coli Mohos - Levaduras | Negativo Ausencia | NMP/ml UFC/ml |
| TRATAMIENTO 4 R1 | Escherichia coli Mohos - Levaduras | Negativo 1,0 x 10 ² | NMP/ml UFC/ml |
| TRATAMIENTO 4 R2 | Escherichia coli Mohos - Levaduras | Negativo Ausencia | NMP/ml UFC/ml |
| TRATAMIENTO 4 R3 | Escherichia coli Mohos - Levaduras | Negativo 1,0 x 10 ¹ | NMP/ml UFC/ml |
| TRATAMIENTO 5 R1 | Escherichia coli Mohos - Levaduras | Negativo Ausencia | NMP/ml UFC/ml |
| TRATAMIENTO 5 R2 | Escherichia coli Mohos - Levaduras | Negativo 1,0 x 10 ² | NMP/ml UFC/ml |
| TRATAMIENTO 5 R3 | Escherichia coli Mohos - Levaduras | Negativo Ausencia | NMP/ml UFC/ml |
| TRATAMIENTO 6 R1 | Escherichia coli Mohos - Levaduras | Negativo 1,0 x 10 ¹ | NMP/ml UFC/ml |
| TRATAMIENTO 6 R2 | Escherichia coli Mohos - Levaduras | Negativo Ausencia | NMP/ml UFC/ml |
| TRATAMIENTO 6 R3 | Escherichia coli Mohos - Levaduras | Negativo 1,0 x 10 ² | NMP/ml UFC/ml |

Fuente: Laboratorios de microbiología de la ESPAM "MFL".

4.6. PARÁMETROS SENSORIALES VALORADOS EN LA BEBIDA REFRESCANTE DE ZUMO DE CAÑA DE AZÚCAR CLARIFICADA

Una vez que los tratamientos fueron evaluados a nivel microbiológico, estos fueron sometidos a una prueba sensorial afectiva por preferencias, donde se evaluaron atributos como color, olor y sabor, utilizando catadores no entrenados para después ser analizados mediante el test estadístico de Friedman y así conocer las preferencias. En el resumen de hipótesis (**Cuadro 4.9**) procedente del análisis del test de Friedman, se identificó diferencias estadísticas entre los atributos de los tratamientos por parte de los panelistas, sugiriendo así el rechazo de la hipótesis nula, lo que indicó diferencias.

Cuadro 4.9. Resumen de hipótesis del análisis sensorial.

| Resumen de prueba de hipótesis | | | | |
|---|---|--|-------|-----------------------------|
| | Hipótesis nula | Test | Sig. | Decisión |
| 1 | Las distribuciones de Color, Olor and Sabor son las mismas. | Análisis de dos vías de Friedman de varianza por rangos de muestras relacionadas | 0,000 | Rechazar la hipótesis nula. |
| Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05. | | | | |

Fuente: Software SPSS 21.

Con la finalidad de conocer cuál de los tratamientos fue el más preferido por los catadores, se efectuó el análisis estadístico de subconjuntos homogéneos a raíz del resumen de hipótesis para conocer las ponderaciones estadísticas de cada uno de estos, así como el análisis de los atributos, con la finalidad de observar cuál de estas características fue la más resaltada por los catadores, mismo que se pone de manifiesto en el **Cuadro 4.10**.

Cuadro 4.10. Subconjuntos homogéneos de los atributos sensoriales evaluados.

| SUBCONJUNTOS HOMOGÉNEOS | | | |
|-----------------------------------|-------|-------------|-------|
| | | Subconjunto | |
| | | 1 | 2 |
| Muestra ¹ | Olor | 1,875 | |
| | Sabor | 1,995 | 1,995 |
| | Color | | 2,130 |
| Probar estadística | | 1,920 | 2,430 |
| Sig. (prueba de 2 caras) | | ,166 | ,119 |
| Sig. ajustada (prueba de 2 caras) | | ,166 | ,119 |

Fuente: Software SPSS 21.

Los resultados obtenidos mediante la prueba de Friedman, mostró que todos los tratamientos difirieron estadísticamente en todos los atributos sensoriales, indicando que las características que más tomaron en cuenta los catadores fue el olor, seguido del sabor y finalmente el color, en relación a los promedios otorgados.

Como se puede apreciar en el **Cuadro 4.11** el T3 se ubica en el subconjunto uno, lo que indica que fue el tratamiento de mayor preferencia de acuerdo a las características sensoriales presentadas, mientras que el T1 se ubicó en el subconjunto cinco con la media numérica más elevada, lo que indica que fue el de menor preferencia por los catadores.

Cuadro 4.11. Subconjuntos homogéneos de las preferencias de los tratamientos.

| | | SUBCONJUNTOS HOMOGÉNEOS DE LOS TRATAMIENTOS EN ESTUDIO | | | | |
|---|----|--|-------|-------|-------|-------|
| | | Subconjunto | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| TRATAMIENTOS | T3 | 1,350 | | | | |
| | T6 | | 2,121 | | | |
| | T5 | | | 3,350 | | |
| | T2 | | | 3,980 | | |
| | T4 | | | | 4,000 | |
| | T1 | | | | | 5,720 |
| Probar estadística | | ,2 | ,2 | ,340 | ,2 | ,2 |
| Sig. (prueba de 2 caras) | | . | . | ,582 | . | . |
| Sig. ajustada (prueba de 2 caras) | | . | . | ,921 | . | . |
| Los subconjuntos homogéneos se basan en significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05. | | | | | | |
| ¹Cada casilla muestra el rango de media de muestras. | | | | | | |

Fuente: Software SPSS 21

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se establecieron las temperaturas de pasteurización del zumo de caña de azúcar de 75, 85, 95 °C y se aplicaron porcentajes de mucílago de cacao fino de aroma del 12% y 14% estableciendo que a 95°C en conjunto con el mucílago se da una mejor remoción de sólidos suspendidos.
- Los resultados demostraron que relación de 12% de mucílago de cacao en relación con la temperatura de 95°C fue la combinación que mayor concentración de sólidos suspendidos removió, haciendo referencia en que el mejor tratamiento fue el T3.
- Los tratamientos en estudio presentaron propiedades físicas (pH – sólidos suspendidos) dentro de los rangos establecidos mientras que lo referente a la estabilidad microbiológicas (Escherichia coli – Mohos y Levaduras), estos estuvieron dentro de los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 2337 (2008).
- Los mejores tratamientos en cuanto a la aceptabilidad de los atributos color, olor y sabor de la bebida refrescante de zumo de caña clarificado con mucílago de cacao, fue el T3 seguido del T6 siendo los más aceptados por los panelistas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar la clarificación del zumo de caña de azúcar a temperaturas entre 85 y 95 ° C cuyos resultados demostraron que se produce la mayor aglomeración de sólidos suspendidos y obtener un producto final con menos impurezas e inocuo.

- Seguir valorando con otras cantidades de mucílago de cacao fino de aroma como agente de clarificación para el zumo de caña de azúcar u otros zumos y así poder reemplazar los agentes clarificantes de origen artificial.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguírriz, E. 2010. Jugo de caña de azúcar envasado en vidrio. (En Línea). Consultado 15 de jun. 2019. Formato PDF. Disponible en <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13596/1/Jugo%20de%20Ca%C3%B1a%20de%20az%C3%BAcar%20envasado%20en%20vidrio.pdf>
- Avalos, J y Ponte, R. 2019. Efecto del Ph y temperatura en la clarificación en el jugo de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*) por carbonatación. (En Línea). Consultado 14 jul. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3386/49235.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Benítez, G. 2016. Farmacognosia. (En Línea). Consultado 14 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en http://www.micobotanicajaen.com/Revista/Articulos/GBenitezC/Farmacognosia02/Farmacognosia%20GB_5.pdf
- Bustamante, A. 2017. Temperatura, pH y adición de floculantes como balso (*Heliocarpus americanus* L.), cadillo (*Triumfetta láppulal* L.) y vituca (*Colocasia esculenta*) en el mejoramiento del color de la panela (*Colocasia esculenta*). (En Línea). Perú. Consultado 15 de jun. 2020. Formato PDF. Disponible en https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNTR_2fca42a388dde9cbb577014d0a9b55ee/Description#tabnavBustamante
- Buste, D. 2019. Clarificación de jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) mediante el uso de mucílago de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) del clon ccn-51. (En Línea). Consultado 12 de ene. 2020. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3794/1/T-UTEQ-0056.pdf>
- Cáceda, J. 2017. Efecto de la concentración de mucílago de chíá (*salvia hispanica* L.) y ph sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de jugo clarificado de uva. (En Línea). Consultado 12 de ene. 2020. Formato PDF. Disponible en http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/2884/1/RE_IND.ALIM_JUAN.CACEDA_CONCENTRACION.DE.MUCÍLAGO_DATOS.pdf
- Cadena, J. 2017. Papel artesanal de la paja de caña de azúcar. (En Línea). Consultado 12 de ene. 2020. Formato PDF. Disponible en https://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2017/AP-10-11-2017_ISSN-e.pdf
- Caicedo, D. y Saa, I. 2011. Estandarización de una fórmula de aglutinante natural extraído de la planta cadillo (*Triumfetta Láppulal*) para emplearse como clarificante en la producción de panela. (En Línea).

Consultado 12 de ene. 2020. Formato PDF. Disponible en [http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/estadarizacion-de-una-formula-de-aglutinante-natural-extraido-de-la-planta-cadillo-\(triumfetta-lappulal\)-para-emplea.pdf](http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/estadarizacion-de-una-formula-de-aglutinante-natural-extraido-de-la-planta-cadillo-(triumfetta-lappulal)-para-emplea.pdf)

Campuzano, S; Mejía, D; Madero, C y Pabón, P. 2015. Determinación de la calidad microbiológica y sanitaria de alimentos preparados vendidos en la vía pública de la ciudad de Bogotá. Colombia, Bogotá. Scielo. Vol. 13. p 81- 82.

Castellanos, L; Abreuz, M; Silva, C; Rivera, R; Fuentes, I; Parets, E; Romero, M. 2016. Efecto de la adición de cachaza, roca fosfórica y biofertilizantes en el suelo sobre el contenido de fósforo y el desarrollo de plántulas de caña de azúcar. Cuba. Redalyc. Vol. 37. p 145-151.

Chavarrías, M. 2013. El pH de los alimentos y la seguridad alimentaria. (En Línea). Consultado 12 de ene. 2020. Formato HTML. Disponible en <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/el-ph-de-los-alimentos-y-la-seguridad-alimentaria.html>

Demera, F; Almeida, A; Moreira, J; Zambrano, L; Loor, R y Cedeño, D. 2015. Clarificación del jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) mediante el empleo de mucílagos naturales. Ecuador. Alimentos hoy. Vol. 23. p 51- 61.

Escudero, F. y Diestra, A. 2016. Influencia de la concentración de dos tipos de floculantes en el color y turbidez del jugo clarificado en agroindustrias san jacinto s.a.a. (En Línea). Perú. Consultado 12 de ene. 2020. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2749/42899.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Espinoza, H. y Mendieta, E. 2018. Efecto de la fermentación láctica del lactosuero y alcohólica del mucílago de cacao en la concentración final de una bebida alcohólica. (En Línea). Consultado 10 de ene. 2020. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/891/TTAI10.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Espinosa, J. 2007. Evaluación sensorial de los alimentos. (R. Torricella Morales, Ed.) Ciudad de la Habana: Editorial universitaria. Consultado 10 de ene. 2020.

FAO. (Food and Agriculture Organization). 2008. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) en la producción de caña y panela. (En Línea). Consultado 10 de ene. 2020. Formato PDF. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/pdf/010/a1525s/a1525s05.pdf>

- Fiestas, K; Santos, I; Banda, S; Valdiviezo, W. y Arellana, K. 2015. Diseño de una línea de producción de panela granulada. (En Línea). Consultado 27 de abri. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/diseno-de-una-linea-de-produccion-de-panela-granulada.pdf>
- Google. 2019. Ubicación Geográfica de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Bolívar, Ecuador.
- Gómez, E; Navas, D; Aponte, G. y Betancourt, L. 2014. Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. Colombia. Redalyc. Vol. 81. p 158-163.
- Gutiérrez, A. y Pulla, F. 2017. Aplicación de técnicas de cocción en la elaboración de recetas de sal y dulce. (En Línea). Consultado 14 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26717/4/Proyecto%20de%20intervenci%C3%B3n.pdf>
- Hernández, J. 2014. Elaboración de panela blanca a partir de jugo de caña purificado con carbón activado de bagazo y ultrafiltración". (En Línea). Consultado 12 de jun. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/elaboracion-de-panela-blanca-a-partir-de-jugo-de-cana-purificado-con-carbon-activado-de-bagazo-y-ultrafiltracion.pdf>
- Herrera, M. 2015. Factores limitantes para el incremento de la producción de caña de azúcar en el cantón Junín de la provincia de Manabí. (En Línea). Consultado 12 de jun. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/4954/2/ANEXO%20%20CA%C3%91A%20DE%20AZÚCAR.pdf>
- Herrera, A. 2011. Estudio comparativo de métodos para la determinación de sacarosa y azúcares reductores en miel virgen de caña utilizados en el ingenio pichichi s.a. (En Línea). Consultado 14 de oct. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2085/6641227H565.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huerta, S. (29 de Enero de 2017). Sedimentación. (En Línea). Consultado 14 de oct. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/sho/Sedimentacion-PIS.pdf>
- Jiménez, M. (Julio de 2017). Las bebidas funcionales como respuesta a un consumidor cada vez más preocupado por la salud. (En Línea). Consultado 14 de oct. 2019. Formato HTML. Disponible en <https://docplayer.es/55062983-Las-bebidas-funcionales-como->

respuesta-a-un-consumidor-cada-vez-mas-preocupado-por-la-salud.html

- López, J. 2015. La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para la producción de panela. Caso: nordeste del departamento de antioquia. Medellín. (En Línea). Consultado 30 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en [http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/la-cana-de-azúcar-\(saccharum-officinarum\)-para-la-produccion-de-panela.-caso-nordeste-del-departamento-de-antioquia.pdf](http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/la-cana-de-azúcar-(saccharum-officinarum)-para-la-produccion-de-panela.-caso-nordeste-del-departamento-de-antioquia.pdf)
- Loyo, M. 2018. Evaluación de los efectos del uso del mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y la temperatura en la clarificación de jugo de caña sobre el color de la panela. (En Línea). Consultado 14 de oct. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8018>
- Luna, T. 2018. Producción de etanol a partir del mucílago de cacao (*THEOBROMA CACAO*) mediante fermentación alcohólica. (En Línea). Consultado 26 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13283/1/T-2739_LUNA%20CALDER%C3%93N%20TANIA%20ANNABEL.pdf
- Mazariegos, H. 2013. Determinación de la eficiencia de fermentación referida a los azúcares fermentables. (En Línea). Consultado 12 de jun. 2019. Formato PDF. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1352_Q.pdf
- Merchán, J. 2017. Análisis técnico - económico para la producción de planchas; para tumbado a partir del bagazo de la caña de azúcar. (En Línea). Consultado 14 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23983/1/TESIS%20MERCH%C3%81N%20MERCH%C3%81N%20JAIME%20ALBERTO.pdf>
- Marradi, A. (2013). Método experimental, método de la asociación y otros caminos de la ciencia. Paradigmas. Vol. 5 p 11 - 38.
- Matute, A; Bedoya M. y Feo, J. (2012) Determinación de la concentración óptima de floculante a usar en la clarificación de jugos de caña en un central azucarero. Venezuela. Agronomía ucv. Vol. 38. p 115- 122.
- Naranjo, J. 2013. Estudio de prefactibilidad para el establecimiento de una planta móvil para panela granulada en el cantón san miguel, provincia bolívar. (En Línea). Consultado 27 de abr. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2035/1/T-UCE-0004-36.pdf>

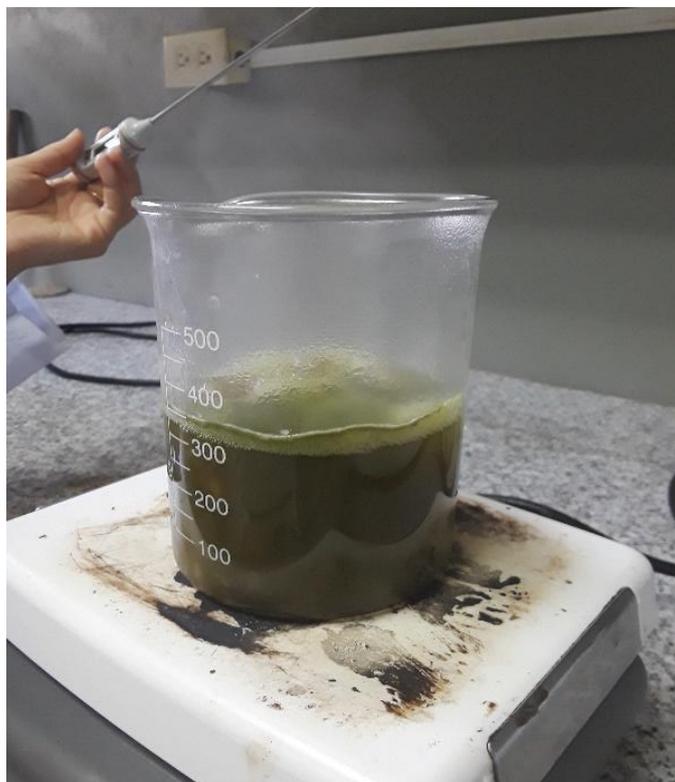
- NTE INEN 2337. 2008. Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales. (En Línea). Consultado 27 de abr. 2019. Formato PDF. Disponible en <https://archive.org/stream/ec.nte.2337.2008>
- Oliva, M., Segundo, R. y Oliva, J. 2017. Especies vegetales mucilaginosas aplicadas como fuentes clarificantes en la obtención de panela granulada. *Revista de Investigación Agroproducción Sustentable*. Vol. 1 p 87 – 94.
- Palma, J. 2015. Residuos de la agroindustria azucarera en la producción de carne vacuna. Guadalajara, Jalisco, México. *Engormix*. Vol. 1 p 1 – 10.
- Pilco, J. 2011. Caña de azúcar. (En Línea). Consultado 12 de dic. 2019. Formato PDF. Disponible en http://www.ecuanoticias.com.ec/info_tecnica_cana.pdf
- Quezada, W; Quezada, D. y Gallardo, I. 2016. Plantas mucilaginosa en la clarificación del jugo de caña de azúcar. *Centro Azúcar*. Vol. 43. p 1 – 11.
- Quezada, W. y Gallardo, I. 2014. Obtención de extractos de plantas mucilaginosas para la clarificación de jugos de caña. Cuba. *Tecnología química*. Vol. 34. p 91-98.
- Salvadoreña, N. 2009. Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor. Salvador. (En Línea). Consultado 17 de ene. 2020. Formato PDF. Disponible en http://estadisticas.cne.gob.sv/wp-content/uploads/2016/08/Norma_Aguas_Residuales.pdf
- Santana, P; Vera, J; Vallejo, C. y Alvarez, A. 2018. Mucílago de cacao, nacional y trinitario para la obtención de una bebida hidratante. Los Ríos, Ecuador. *Researchgate*. Vol. 1 p 179-189.
- Saucedo, O; Mello, R; Castellanos, L; Nahas, E; Silva, C; Pereira Da Silva, G. y Assis, L. 2015. Efecto de la fertilización fosfatada con cachaza sobre la actividad microbiana del suelo y la absorción del fósforo en caña de azúcar (*Saccharum spp*). *Scielo*. Vol. 47. P 33 – 42.
- Vecilla, R. 2016. Caracterización de variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) para la producción Panelera en el Cantón Junín, Ecuador. (En Línea). Consultado 14 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/18886/1/tesis%20final%20Rigoberto%20Vecilla.pdf>

- Viejó, E. 2013. "Estudio de la cadena de valor de la caña de azúcar *Saccharum Officinarum* en el recinto tres postes en la provincia del Guayas". (En Línea). Consultado 26 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://cia.uagraria.edu.ec/archivos/VIEJO%20OJEDA%20KARINA%20ELIZABETH.pdf>
- Villalta, W. 2012. Beneficios de la panela producida orgánicamente frente a la azúcar blanca. (En Línea). Consultado 12 de dic. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3346/1/TESIS.pdf>

ANEXOS



Anexo 1: Jugo de caña sin clarificar



Anexo 2: Calentamiento del jugo de caña



Anexo 3: Clarificación del zumo de caña



Anexo 4: Jugo de caña saborizado y envasado



Anexo 5: Análisis de pH



Anexo 6: Análisis de sólidos suspendidos

|  | | ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ | | | | |
|---|------------------------------|--|--|--|--|--|
| EVALUACIÓN SENSORIAL DE UNA BEBIDA REFRESCANTE A PARTIR DE ZUMO DE CAÑA DE AZÚCAR CLARIFICADO | | | | | | |
| NOTA: De acuerdo a las muestras designadas coloque | | | | | | |
| PUNTAJE | ATRIBUTO | MUESTRAS | | | | |
| | COLOR | | | | | |
| 1 | Me agrada mucho | | | | | |
| 2 | Me agrada poco | | | | | |
| 3 | Ni me agrada ni me desagrada | | | | | |
| 4 | Poco desagradable | | | | | |
| 5 | Desagradable | | | | | |
| OLOR | | | | | | |
| 1 | Me agrada mucho | | | | | |
| 2 | Me agrada poco | | | | | |
| 3 | Ni me agrada ni me desagrada | | | | | |
| 4 | Poco desagradable | | | | | |
| 5 | Desagradable | | | | | |
| SABOR | | | | | | |
| 1 | Me agrada mucho | | | | | |
| 2 | Me agrada poco | | | | | |
| 3 | Ni me agrada ni me desagrada | | | | | |
| 4 | Poco desagradable | | | | | |
| 5 | Desagradable | | | | | |

Anexo 7. Ficha sensorial tipo afectiva

| INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN | | | | | |
|---|---|---------------------|----------------------------|---|------------------|
| Quito - Ecuador | | | | | |
| NORMA TÉCNICA ECUATORIANA | | | NTE INEN 2 337:2008 | | |
| JUGOS, PULPAS, CONCENTRADOS, NECTARES, BEBIDAS DE FRUTAS Y VEGETALES. REQUISITOS | | | | | |
| TABLA 3. Requisitos microbiológicos para productos congelados | | | | | |
| | n | m | M | c | Método de ensayo |
| Coliformes NMP/cm ² | 3 | < 3 | – | 0 | NTE INEN 1529-6 |
| Coliformes fecales NMP/cm ² | 3 | < 3 | – | 0 | NTE INEN 1529-8 |
| Recuento de esporas clostridium sulfito reductoras UFC/cm ³ ¹⁾ | 3 | < 10 | – | 0 | NTE INEN 1529-18 |
| Recuento estándar en placa REP UFC/cm ³ | 3 | 1,0x10 ² | 1,0x10 ² | 1 | NTE INEN 1529-5 |
| Recuento de mohos y levaduras UP/ cm ³ | 3 | 1,0x10 ² | 1,0x10 ² | 1 | NTE INEN 1529-10 |

Anexo 8. NORMA NTE INEN 2337 (requisitos microbiológicos para la bebida refrescante)