

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Tema: “Uso de gel de sábila (*Aloe Vera*) y nopal (*Opuntia ficus-indica*) como flocculantes naturales para la clarificación de jugo de caña en la elaboración de panela”

Trabajo de titulación previa la obtención del
Título de Ingeniera en Alimentos

AUTORA: María Belén Tucanes Noguera

TUTOR: Jorge Iván Mina Ortega, Dr.

Tulcán, 2019

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificamos que la estudiante María Belén Tucanes Noguera con el número de cédula 040158512-0 ha elaborado el trabajo de titulación: “Uso de gel de sábila (*Aloe Vera*) y nopal (*Opuntia ficus-indica*) como floculantes naturales para la clarificación de jugo de caña en la elaboración de panela”

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de Titulación, Sustentación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizamos la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

f.....

Jorge Iván Mina Ortega, Dr.

TUTOR

f.....

Freddy Giovanni Torres Mayanquer, MSc.

LECTOR

Tulcán, septiembre del 2019

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye un requisito previo para la obtención del título de **Ingeniera** en la Carrera de ingeniería en alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, María Belén Tucanes Noguera con cédula de identidad número 040158512-0 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

f.....

María Belén Tucanes Noguera

AUTORA

Tulcán, septiembre del 2019

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, María Belén Tucanes Noguera declaro ser autora de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “Uso de gel de sábila (*Aloe Vera*) y nopal (*Opuntia ficus-indica*) como floculantes naturales para la clarificación de jugo de caña en la elaboración de panela” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

f.....

María Belén Tucanes Noguera

AUTORA

Tulcán, septiembre del 2019

AGRADECIMIENTO

*A mis padres Janeth y Franco,
gracias infinitas siempre por hacer de mi la mejor persona.*

*A mis hermanas Dianita y Stephy,
por ser mi alegría, mi fortaleza y mi apoyo en todo momento.*

*A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por permitirme ser parte de la misma y
formarme como profesional.*

*A mi tutor Jorge, por guiarme durante todo este tiempo, por su paciencia, colaboración y
dedicación no solo en este trabajo sino en toda mi carrera universitaria.*

*Al MSc. Freddy Torres e MSc. Christiam Jácome por todas sus enseñanzas, por ayudarme
a crecer como profesional y sus palabras de aliento que agradezco profundamente.*

DEDICATORIA

Dedico este trabajo que denota el esfuerzo y sacrificio de toda mi trayectoria universitaria, a mis Padres que los amo con todo mi corazón, y a mi querida abuelita Hilda, ojalá nunca te hubieras ido de mi lado.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR | 2 |
| AUTORÍA DE TRABAJO..... | 3 |
| ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN..... | 4 |
| AGRADECIMIENTO | 5 |
| DEDICATORIA | 6 |
| RESUMEN..... | 12 |
| ABSTRACT | 13 |
| INTRODUCCIÓN | 14 |
| I. PROBLEMA | 15 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 15 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 17 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN..... | 17 |
| 1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN | 18 |
| 1.4.1. Objetivo General | 18 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos | 18 |
| 1.4.3. Preguntas de Investigación..... | 18 |
| II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... | 19 |
| 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS | 19 |
| 2.2. MARCO TEÓRICO | 21 |
| 2.2.1 Caña de azúcar: | 21 |
| 2.2.2 Origen de la caña de azúcar: | 21 |
| 2.2.3 Cultivo de la Caña: | 21 |
| 2.2.4 Características deseables en variedades de caña de azúcar para panela | 21 |
| 2.2.5 Variedades de caña | 22 |
| 2.2.6 Panela:..... | 22 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.7 Clasificación de la panela: | 22 |
| 2.2.7 Proceso de elaboración de panela..... | 22 |
| 2.2.8 Floculación:..... | 25 |
| 2.2.9 Plantas floculantes o aglutinantes:..... | 26 |
| 2.2.10 Origen de la Sábila: | 26 |
| 2.2.11 Composición de la sábila: | 26 |
| 2.2.12 Composición química de la sábila: | 27 |
| 2.2.13 Nopal:..... | 27 |
| 2.2.14 Composición química del nopal: | 27 |
| 2.2.15 Mucílago del nopal: | 29 |
| III. METODOLOGÍA | 30 |
| 3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO..... | 30 |
| 3.1.1. Enfoque | 30 |
| 3.1.2. Tipo de Investigación | 30 |
| 3.2. HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER..... | 30 |
| 3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 31 |
| 3.4. MÉTODOS UTILIZADOS | 32 |
| 3.4.1. Análisis Estadístico..... | 32 |
| 3.4.2 Proceso de Extracción de Floculantes Naturales..... | 33 |
| 3.4.2. Proceso de elaboración de panela..... | 36 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 40 |
| 4.1. RESULTADOS..... | 40 |
| 4.1.1 Evaluación de las variables en el proceso de clarificación | 40 |
| 4.1.2 Condiciones apropiadas para la aplicación de floculantes naturales gel de sábila (<i>aloe vera</i>) y nopal (<i>opuntia ficus-indica</i>), de manera individual. | 42 |
| 4.1.3 Evaluación sensorial de los mejores tratamientos..... | 43 |

| | |
|---|----|
| 4.1.4 Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la panela clarificada correspondiente al mejor tratamiento..... | 47 |
| 4.2. DISCUSIÓN | 48 |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 50 |
| 5.1. CONCLUSIONES..... | 50 |
| 5.2. RECOMENDACIONES..... | 51 |
| IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 52 |
| V. ANEXOS | 56 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Componentes Químicos de la Planta de Aloe Vera | 28 |
| Tabla 2. Composición Química del Nopal..... | 29 |
| Tabla 3. Composición Química del Mucílago de Opuntia ficus indica..... | 29 |
| Tabla 4. Operacionalización de variables | 31 |
| Tabla 5. Arreglo factorial A*B para definir el mejor tratamiento para la clarificación de jugo de caña para la elaboración de panela..... | 32 |
| Tabla 6. Características del Jugo de Caña-Variedad Caleña..... | 37 |
| Tabla 7. Escalas de Refractómetros..... | 39 |
| Tabla 8. Análisis de varianza, arreglo factorial A*B para definir el mejor tratamiento para la clarificación de jugo de caña para la elaboración de panela. | 40 |
| Tabla 9. Comparación Utilizando el Método Tukey con una Confianza del 95% | 40 |
| Tabla 10. Análisis de Varianza Residuo de Cachaza..... | 41 |
| Tabla 11. Comparación Utilizando el Método Tukey con una Confianza del 95% | 41 |
| Tabla 12. Variables de Respuesta, Media y Desviación estándar | 41 |
| Tabla 13. Condiciones para la Aplicación de los Floculantes Naturales | 42 |

| | |
|--|----|
| Tabla 14. Rendimientos de Cachaza de los Mejores Tratamientos. | 42 |
| Tabla 15. Características Fisicoquímicas de la Panela Clarificada con el Mejor Tratamiento. | 47 |
| Tabla 16. Análisis Microbiológico de la Panela Clarificada con el Mejor Tratamiento | 47 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Proceso de Extracción Mucílago de Nopal. | 34 |
| Figura 2. Proceso de Extracción Mucílago de Sábila | 35 |
| Figura 3. Proceso de Elaboración de panela aplicando floclulantes en estudio. | 36 |
| Figura 4. Nivel de Aceptación del Atributo Color en Panela Clarificada con Floclulantes Estudiados. | 44 |
| Figura 5. Nivel de Aceptación de Apariencia en Panela Clarificada con Floclulantes Estudiados | 44 |
| Figura 6. Nivel de Aceptación en el Atributo Olor en Panelas Clarificadas con Floclulantes Estudiados. | 45 |
| Figura 7. Criterio por parte de Jueces en Atributo de Sabor en Panelas Clarificadas con Floclulantes Estudiados..... | 46 |
| Figura 8. Criterio por parte de Jueces en Aceptación general de Panelas Clarificadas con Floclulantes Estudiados..... | 46 |
| Figura 9. Extracción jugo de caña | 68 |
| Figura 10. Calentamiento del jugo..... | 68 |
| Figura 11. Aplicación de Floclulante..... | 68 |
| Figura 12. Aglomeración de Cachaza | 69 |
| Figura 13. Remoción de Residuos de Cachaza..... | 69 |
| Figura 14. Medición de Turbidez | 69 |

| | |
|---|----|
| Figura 15. Celdas de muestras para análisis de turbidez, (A) jugo de caña, (B) jugo clarificado con nopal, (C) jugo clarificado con sábila, (D) jugo clarificado con yausabara. | 70 |
| Figura 16. Jugo de Caña- Variedad Caleña | 70 |
| Figura 17. Jugos de Caña después del proceso de clarificación. (A) Sábila, (B) Nopal, (C) Yausabara | 70 |
| Figura 18. Evaluación sensorial aplicada. | 71 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1: Certificado o Acta del Perfil de Investigación | 56 |
| Anexo 2: Certificado del abstract por parte de idiomas | 57 |
| Anexo 3: Hoja de Evaluación sensorial aplicada | 59 |
| Anexo 4: Análisis de Laboratorio LASA, panela sólida..... | 61 |
| Anexo 5: Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2331:2002. Panela Sólida. | 63 |
| Anexo 6: Fotografías de la Investigación..... | 68 |

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó la incidencia de gel de sábila (*Aloe vera*) y mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*) como floculantes naturales para clarificar el jugo de caña durante la elaboración de panela como una alternativa al uso de floculantes químicos usados para este fin. Se aplicó un diseño completamente aleatorizado (DCA) teniendo como factores la concentración del mucílago y temperaturas de aplicación, evaluando como respuesta el porcentaje de sólidos suspendidos mediante la turbidez del jugo de caña y el residuo de cachaza generado después de la aplicación de los floculantes. Los resultados de turbidez fueron 602 NTU para el mucílago de nopal y 2040 NTU para el gel de sábila. En cuanto al residuo de cachaza generado, el mejor tratamiento obtuvo 1.075 kg/L correspondiente al T4 (50 ml de mucílago de nopal /L: 90°C). Se concluye que los floculantes naturales evaluados no inciden sobre el proceso de clarificación de jugo de caña debido a que su capacidad aglutinante es menor a la deseada en un floculante, sin embargo, a pesar de obtener jugos turbios y panela con una tonalidad semi-oscura, son aceptadas por los consumidores.

Palabras Clave: Floculantes naturales, Clarificación, Jugo de Caña, Turbidez, Residuo de Cachaza

ABSTRACT

In the present investigation, the incidence of aloe vera gel (*Aloe vera*) and prickly pear mucilage (*Opuntia ficus-indica*) as natural flocculants to clarify the cane juice during the production of raw cane sugar was evaluated as an alternative to the use of chemical flocculants used for this purpose. A completely randomized design (CRD) was applied having as factors the concentration of the mucilage and temperatures of application, evaluating as a response the percentage of solids suspended by means of the turbidity of the cane juice and the residue of cachaza (coir) generated after the application of the flocculants. The results of turbidity were 602 NTU for prickly pear mucilage and 2040 NTU for aloe vera gel. As for the generated “cachaza” (coir) residue, the best treatment obtained 1,075 kg / L corresponding to T4 (50 ml of prickly pear mucilage / L: 90 ° C). This leads to the conclusion that the natural flocculants evaluated do not affect the process of clarification of cane juice due to its binding capacity is less than desired in a flocculant, however, despite obtaining turbid juices and raw cane sugar with a semi-dark hue, they are accepted by consumers.

Keywords: Natural Flocculants, Clarification, Cane Juice, Turbidity, Cachaza Residue

INTRODUCCIÓN

La panela es un edulcorante natural con propiedades únicas y de sabor inigualable, es extraído a partir de la caña de azúcar mediante procesos artesanales que en su gran mayoría no han sido tecnificados. Su procesamiento es realizado en los trapiches ubicados en las zonas rurales. En la provincia del Carchi la panela es elaborada en la parte noroccidente y en las zonas limítrofes con la provincia de Imbabura, en donde los recursos generados por la comercialización, aunque no son significativos para el trabajo que conlleva toda la elaboración, son el sustento de varias familias.

La calidad de la panela es influenciada por diversas variables que en el procesamiento son claves para la obtención de las características óptimas para el mercado, la clarificación es una operación dentro del procesamiento que tiene la mayor influencia sobre la calidad del edulcorante, aquí la mayoría de impurezas que están presentes en el jugo son eliminadas con la acción de floculantes que aglomeran las suciedades y facilitan el proceso.

En busca de mejores alternativas para la clarificación del jugo de caña se ha propuesto experimentar con dos tipos de floculantes naturales que ayuden a mejorar las características deseadas por los consumidores, además de proporcionar a la industria panelera alternativas sustentables que permitan llevar un proceso más amigable con el medio ambiente al usar desechos industriales, y se permita conseguir elevar la calidad de la panela.

Si bien a nivel de factorías, la agroindustria panelera ecuatoriana es artesanal y rudimentaria, existen oportunidades de mejoras con estudios de intensificación del proceso, para elevar la eficiencia, cuidado del medio ambiente, calidad e inocuidad. Calidad como política de estado en: servicios, producción y cultura de calidad, para alcanzar competitividad (Quezada, Quezada Torres y Molina, 2018, p.20)

I. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Ecuador la agroindustria significa desarrollo y crecimiento, siendo a lo largo del tiempo uno de los ejes centrales que aportan a la economía del país, según Baquero y Lucio-Paredes, (2010) afirman que:

El sector agroindustrial no ha aprovechado todo el potencial de crecimiento existente, y así adolece de importantes falencias como la escasa aplicación de nuevas tecnologías, el limitado desarrollo de productos, empaques y maquinaria, una deficiente integración y organización a nivel de toda la cadena productiva, un aún lento progreso comercial, y un heterogéneo nivel de calidad, que han limitado su competitividad. (p.45)

Siendo esta última el factor con mayor determinación ya que esta, marca la acogida que tendrá el producto en el mercado y su estabilidad en el mismo. Las industrias en el Ecuador se han retrasado en los avances de procesos industriales, o que ha limitado la calidad en sus productos, esto se ha visto influenciado por distintas variables, que poco a poco se han tratado de cambiar con el tiempo, la no tecnificación en las industrias, la falta de interés por adquirir más conocimiento, han hecho que se deje de lado el interés por aumentar la calidad y seguir con el avance en las industrias.

En el Ecuador la industria panelera se lleva a cabo de forma artesanal, y con poca tecnología, su mayor implementación es en las zonas rurales, el consumo de panela se ha visto disminuido conforme aumenta la producción de alimentos con azúcares refinadas, sin embargo, la industria panelera para los productores significa una ayuda en el avance socio-económico ya que permite el ingreso de recursos económicos y mejorar la calidad de vida los habitantes de estas zonas. Osorio (2007) afirma que: “la actividad panelera es considerada la segunda agroindustria rural después del café por el número de establecimientos productivos (Trapiches Paneleros) vinculados” (p.19).

Comúnmente la elaboración de panela, implica operaciones básicas que se observan en el procesamiento de alimentos, empezando por la recolección de la materia prima como es la caña de azúcar, llevándola al molino para extraer el jugo, transportándolo hacia tinas de concentración en donde se clarifica con la ayuda de floculantes o sustancias mucilaginosas vegetales y/o químicos, extrayendo así las impurezas que se encuentran en el jugo, siendo

esta etapa del proceso determinante en la calidad del producto final ya que influirá directamente en aquellos aspectos sensoriales de impacto en el consumidor, en el proceso de concentración se obtiene una miel con Brix que varía entre 72 y 80 grados, una operación importante es el batido, el mismo que consiste en incorporar mediante agitación aire a la miel logrando con esto un enfriamiento adecuado. Finalmente, el moldeado definirá el aspecto físico de la panela con el que será comercializado.

En la clarificación se emplean plantas que contienen en su estructura interna mucílagos los cuales remueven elementos no deseados mediante la aglutinación de las sustancias coloidales (impurezas) presentes en el jugo de caña, sin embargo, se ha limitado el uso de floculantes naturales de diferentes variedades, concordando con Quezada y Gallardo (2014) que afirman que “El proceso de extracción e incorporación del mucílago es artesanal y limitada en los países paneleros de Centro-Sur de América, por desconocimiento en el buen uso de sus propiedades aglutinantes y clarificadoras en el jugo de la caña” (p.43).

Los floculantes naturales más comunes en la industria panelera por lo general son la Yausabara (*Pavonia sepium A. St-Hil*) y el Balso (*Ochroma pyramidale*) que según López y Osorio (2004) “han tenido un uso permanente e indiscriminado, lo cual ha causado su agotamiento y un impacto ambiental negativo, además para muchos productores paneleros el costo del aglutinante ya está incidiendo en los costos de producción” (p. 2). Aglutinantes como el hiposulfito de sodio que al usarlo en el proceso de elaboración representa un costo de producción.

En los últimos años la aplicación de sustancias químicas para la clarificación en el proceso panelero ha sido un parámetro que disminuye considerablemente el valor agregado que se le puede brindar a este tipo de productos, además de que las sustancias utilizadas, en su mayoría tienen repercusión en la salud tanto del productor como del consumidor, esto, hace referencia al uso indiscriminado tanto en manipulación como en dosificación, el primer proceso trae consecuencias como irritación en la piel, tos y dolor de garganta por inhalación, si existe una mala dosificación del hidrosulfito de sodio por ejemplo la ingestión provoca

El uso de sustancias químicas prohibidas es generalizado en la clarificación de jugos de caña para la elaboración de panela tales como: cementinas, carbonatos e hidrosulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) especialmente. Este compuesto también con el

nombre de hiposulfito o ditonito de sodio, es una sal binaria, riesgosa para la salud y en especial tóxico en la población infantil. (Quezada y Gallardo, 2014, p.42)

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo incide la aplicación del gel de sábila (*Aloe Vera*) y nopal (*Opuntia ficus-indica*) en el proceso de clarificación del jugo de caña en la elaboración de panela?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El estudio de plantas mucilaginosas como la sábila (*Aloe Vera*) y nopal (*Opuntia ficus-indica*) presenta alternativas para la clarificación de jugo de caña en la elaboración de panela, además ofrece opciones al productor en el uso de floculantes naturales, aportando a la calidad de la panela, con características deseadas por el consumidor. Según Ortiz, Solano, Villada, y Mosquera, (2011) afirman que “En la actualidad, la tendencia en el uso de estos floculantes se relaciona con la elaboración de productos amigables con el medio ambiente, naturales, sanos y producidos ecológicamente; aspectos direccionados por las exigencias del mercado local, nacional e internacional” (p.34).

El presente estudio brinda una alternativa al productor panelero con el aporte de información sobre las características floculantes del gel de sábila (*Aloe Vera*) y nopal (*Opuntia ficus-indica*) y su contenido de mucílagos vegetales usados en el proceso de clarificación del jugo, a parte de las tradicionales como la Yausabara (*Pavonia sepium A. St-Hil*) y el Balso (*Ochroma pyramidale*), siendo este último una especie en preservación ya que según López y Osorio, 2004 “El uso de la cáscara de balso en la clarificación de jugos de caña utilizada en la agroindustria panelera tanto de Ecuador y Colombia, debe ser criticado ya que es un árbol que está siendo afectado severamente” (p.4).

El uso del nopal como floculante natural, podría ser una alternativa al uso de desechos industriales generados por el procesamiento en la extracción de la cochinilla como colorante, este en general es desechado después de la cosecha y en nuestro país no tiene ningún procesamiento.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Utilizar gel de sábila (*Aloe Vera*) y nopal (*Opuntia ficus-indica*) como floculantes naturales en el proceso de clarificación de jugo de caña en la elaboración de panela.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar las condiciones apropiadas para la aplicación de floculantes naturales gel de sábila (*Aloe Vera*) y nopal (*Opuntia ficus-indica*), de manera individual.
- Determinar el mejor tratamiento de clarificación de jugo de caña para la elaboración de la panela mediante el análisis estadístico.
- Evaluar sensorialmente la panela clarificada con gel de sábila (*Aloe Vera*) y nopal (*Opuntia ficus-indica*) correspondiente a los mejores tratamientos.
- Caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente la panela clarificada correspondiente al mejor tratamiento.

1.4.3. Preguntas de Investigación

¿Qué tipos de floculantes naturales son usados en la industria panelera?

¿Cuál es la incidencia del uso de floculantes naturales en la calidad de la panela?

¿Cuál es la producción de panela en el Ecuador y a nivel local?

¿Qué proceso se realiza para la extracción de aglutinante o floculante natural en sábila (*Aloe Vera*) y nopal (*Opuntia ficus-indica*)?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

El estudio de floculantes naturales para la clarificación de jugo de caña, ha sido de gran importancia para varios investigadores, según Quezada, Quezada Torres, y Gallardo (2014) que incorporan soluciones mucilaginosas en la clarificación de jugos, como alternativa de cambio en la agroindustria panelera del Ecuador, usando 14 plantas mucilaginosas, cuatro especies vegetales: Yausabara (*Pavonia sepium* A. St-Hil), Yausa (*Abutilon insigne* Planch), Cadillo negro (*Triumfetta lappula* L) y Falso Joaquín (*Hibiscus rosa sinensis*), arrojaron los mejores resultados como agentes clarificadores, se ensayaron tres factores: concentración de la solución, cantidad de solución añadida al jugo y temperatura de incorporación; teniendo como variable de respuesta a la turbidez, las tres variables inciden en la clarificación del jugo, teniendo como mejores resultados se alcanzan con Yausabara y Yausa y las combinaciones de estas en menor grado, dando jugos claros y brillantes.

Según Demera et al. (2015) quien evalúa el empleo de mucílagos naturales tales como el mucílago de corteza de cacao y mucílago de muyuyo (*Cordia Lutea*) durante el proceso de clarificación del jugo de caña de azúcar, empleó un Diseño Completamente al azar en arreglo bifactorial AxB con tres réplicas por cada tratamiento, tomando como unidad experimental 10L de jugo de caña de azúcar. Para ello, se manipularon los siguientes factores. A: tipos de mucílagos naturales (mucílago de corteza de cacao y mucílago de muyuyo) y B: concentración de mucílagos naturales expresado en mg/L (10000, 11000, 12000 y 13000). Se evaluaron las siguientes variables: residuo de cachaza generada (durante el proceso de clarificación), sólidos en suspensión y colorimetría (luminosidad, tono, croma, eje de coordenada a y b) al jugo de caña de azúcar clarificado, obteniendo como resultados que el tratamiento 4 (mucílago de corteza de cacao a una cantidad de 13000 mg/L) removió la mayor cantidad de sólidos en suspensión con un valor de 0,019 kg/L, mientras que para la variable residuo de cachaza y colorimetría quedó demostrado que los factores en estudio no incidieron sobre las mismas. Se concluye que la variable que presentó cambios significativos fue la de sólidos en suspensión dando como mejor tratamiento al T4 (mucílago de corteza de cacao a una cantidad de 13000 mg/L).

Un estudio desarrollado en el mejoramiento de la calidad de la panela realizado por Prada (2002), en donde hace referencia a los factores que influyen en la limpieza de los jugos de

caña para la producción de miel y panela, Un factor importante para mantener el consumo de la panela tradicional y de las nuevas formas de presentación, es el de obtener una calidad acorde con las exigencias del consumidor. Esto se logra con un manejo adecuado del cultivo y un proceso de elaboración basado en los principios de las buenas prácticas de manufactura. Entre las principales operaciones del proceso se encuentra la clarificación y el realizarla de forma adecuada permite obtener un producto final con un bajo contenido de sólidos insolubles, los cuales son precursores de colores no deseados e inducen a la formación de residuos en las bebidas o en los productos donde se emplean como materia prima la miel o la panela.

En la investigación desarrollada por Loyo (2018), evaluó el efecto que tiene el mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*) en la clarificación de jugo de caña sobre el color de la panela, con un diseño completamente al azar, teniendo como factores la cantidad de mucílago y la temperatura, se caracterizó fisicoquímicamente analizando variables como el color, turbidez, residuo de cachaza, pH, densidad y °Brix, además de una caracterización organoléptica. Los resultados arrojaron que los tratamientos correspondientes a T3 (60 ml;100°C) y T6 (90 ml; 100°C), afirmando que efectivamente incide en el color de la panela y que es aceptado por el consumidor.

Según Ortiz, Solano, Villada, Mosquera, y Velasco (2011) quienes estudiaron la clarificación en jugos de caña realizada por la adición de mucílagos vegetales. El objetivo fue evaluar la clarificación de tres floculantes naturales (balso, cadillo y guácimo) en jugos de caña. Se caracterizó fisicoquímicamente y se evaluó la retención de sólidos insolubles versus un floculante sintético. Fue usado un modelo estadístico de bloques completamente al azar y la muestra de control fue el Profol 985. Se obtuvo un mucílago de mayor calidad al desfibrar en agua destilada, secar a 38°C por 11 horas y reducir a un tamaño de partícula de 212µm. la clarificación ideal fue a una concentración de 0.03% p/v. el cadillo fue el floculante seco que presento mayor eficiencia en la precipitación de sólidos solubles con un 93,6%.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1 Caña de azúcar:

Nombre científico: *Saccharum officinarum*

Según Ramírez (2008):

Es una gramínea tropical perenne con tallos gruesos y fibrosos que pueden crecer entre 3 y 5 metros de altura. Éstos contienen una gran cantidad de sacarosa que se procesa para la obtención de azúcar. La caña de azúcar es uno de los cultivos agroindustriales más importantes en las regiones tropicales. (p.5)

2.2.2 Origen de la caña de azúcar:

La caña de azúcar, *Saccharum officinarum L.*, es una gramínea originaria de Nueva Guinea; se cultivó por primera vez el Sureste Asiático y la India occidental. Según Ávila (2011) afirma que “la caña de azúcar es uno de los cultivos más antiguos en el mundo. La ruta de la caña ha sido siempre de Oriente a Occidente, desde el Indico al Mediterráneo y, finalmente, al Atlántico” (p.21).

2.2.3 Cultivo de la Caña:

Los cultivos de caña de azúcar en el Ecuador en la actualidad representan un rendimiento de promedio anual, en el año 2014: 85,16; 2015: 98,48 y para el 2016: 82.76 Tm/ha según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2016)

2.2.4 Características deseables en variedades de caña de azúcar para panela

Según Osorio (2007):

Las características deseadas por los paneleros son variadas y esenciales en la caña destinada para la elaboración de panela, estas se distinguen en básicas y complementarias, correspondiente al primer grupo se encuentran el alto tonelaje, una buena concentración de sacarosa, la adaptabilidad a las diversas condiciones climáticas y de suelo, en cuanto a las características complementarias se tiene en cuenta el porcentaje de azúcares reductores después de realizar el corte de la caña.

2.2.5 Variedades de caña

Según Castillo y Silva (2004) afirma que:

Las primeras variedades usadas desde hace más de 100 años para la producción de azúcar, fueron las cañas nobles (*Saccharum officinarum*) tales como cristalina, Castilla, Rayada, Blanca, etc. Luego se usaron las variedades híbridas de la serie POJ, por ejemplo, la POJ2878, que se usaban principalmente para producir alcohol y panela en las estribaciones de las cordilleras occidental y oriental. Más adelante, entre los años 1960 a los 1970, se introdujeron otras variedades como la POJ 3016, PR7058, Azul Casa Grande, entre otras. (p.14)

2.2.5.1 Variedades de caña en la provincia del Carchi

Según Gualotuña (2013) “se han encontrado 5 variedades de caña: POJ Negra, Caleña, Loca, Cenizosa y Morada” (p.30). Además, podemos encontrar variedades de caña como la campo Brasil, Cenicaña y Puerto Rico.

2.2.6 Panela:

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2331:2002 se define a la panela sólida como el Producto obtenido por evaporación y concentración de los jugos de caña de azúcar, moldeados en diferentes formas.

2.2.7 Clasificación de la panela:

Según la NTE INEN 2331:2002 De acuerdo al contenido de sólidos sedimentables la panela sólida se clasifica en:

- Extra 0.1 g/100 g
- Primera 0.5 g/100g
- Segunda 1.0g /100g

2.2.7 Proceso de elaboración de panela

2.2.7.1 Corte

El corte de la caña se debe realizar cuando la caña alcanza el sazonado adecuado, ósea cuando tiene el mayor contenido de sólidos solubles, y el nivel de sacarosa máximo. Cañas inmaduras y sobremaduras dan rendimientos menores e influyen

negativamente en la calidad de la panela. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2002, p. 2)

2.2.7.2 Apronte de la caña

Esta actividad hace referencia a la operación en la cual una vez cortada la caña se la recolecta y se la transporta hacia el trapiche para almacenarla hasta su procesamiento.

La caña no debe estar almacenada por más de tres días pues al sobrepasar el tiempo se presenta incremento en el contenido de azúcares reductores, lo cual afecta la eficacia del proceso y se obtendrá una panela de consistencia excesivamente blanda (melcochosa) que se parte con facilidad. (UT FUNACH-ASCAPAM, 2002, p.2)

2.2.7.3 Extracción del jugo de caña

El proceso de extracción del jugo de la caña es antiguo, es resultado de la creatividad natural de las personas de esa época. El uso de dos rodillos o mazas de madera sean verticales u horizontales, fueron las primeras utilizadas, lógicamente accionados por fuerza del hombre. (Quezada, 2007, p.57)

La caña se somete a compresión en los rodillos o mazas del molino, lo cual propicia la salida del contenido del líquido de los tallos. Se consideran satisfactorias aquellas extracciones, entre 58 a 63%; es decir, cuando se obtienen de 580 a 630 kilogramos de jugo por tonelada de caña. Los productos finales de esta fase son el “jugo crudo” y el “bagazo”; el primero, es la materia prima que se destina a la producción de panela, mientras el segundo se emplea como material combustible para la hornilla después de secado. (Osorio, 2007, p.113)

2.2.7.4 Limpieza de jugos

En esta etapa es donde se procede a retirar todas las impurezas, por diferentes tipos de métodos, pueden ser físicos en donde se usa limpiadores como los tamices, térmicos, cuando el jugo empieza a calentarse y se aglomeran las primeras suciedades y bioquímico que se lo puede realizar mediante floculantes químicos o naturales.

2.2.7.5 Clarificación

Según Osorio (2007):

Esta fase tiene lugar en la paila recibidora o descachazadora, y consiste en 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. La limpieza de los jugos ocurre gracias a la acción combinada del calentamiento suministrado por la hornilla y la acción aglutinante de ciertos compuestos naturales permitidos dentro de las BPM como los cadillos, el balso, el guácimo, juan blanco, san Joaquín, entre otros. (p.116)

2.2.7.6 Utilización del floculante:

2.2.7.6.1 Utilización del balso:

Su corteza desprende una sustancia babosa que luego de ser macerada y mezclada con agua cambia de color y viscosidad; se denomina mucílago, y se adiciona al jugo de caña para clarificar los jugos.

La sustancia clarificante se sumerge directamente en el jugo cuando se alcanzan temperaturas entre 60° y 70° C; la primera cachaza que se retira es la negra, antes de ebullición; luego se agrega más sustancia clarificante para retirar la cachaza blanca, a 92° C aproximadamente. Una buena clarificación determina, en gran parte, la calidad final de la panela, lo que incluye su color. (Osorio, 2007, p.116)

2.2.7.7 Concentración

La concentración del jugo se lo realiza generalmente en dos tinajas que reciben la mayor cantidad de calor para evaporar en menor tiempo posible el agua contenida en el mismo. Se define por concentración al incremento de sólidos en el disolvente para disminuir su volumen final, a través de la evaporación del agua por efecto de la temperatura. (Quezada, 2007, p.74)

La concentración final para la obtención de panela se obtiene a temperaturas entre 118 y 125°C, con un porcentaje de sólidos entre 88 y 94 °Brix y de 90

o 94 °Brix en el que se alcanza el punto de miel o panela a una temperatura promedio de 120°C. (Quezada *et al*, 2015. p. 18)

2.2.7.8 Moldeo

La miel proveniente de la hornilla se deposita en una batea y, por acción del batido intensivo e intermitente, se enfría, pierde capacidad de adherencia y adquiere la textura para el moldeo, Una vez la miel ha sido batida y se aprecia la cristalización y presenta una nueva textura (panela), se dispone en moldes o gaveras, adquiere su forma definitiva y se solidifica. (Osorio, 2007, p.123)

2.2.7.8.1 Tipos de moldes

Existe una diversidad de moldes o gaveras para darle la forma a la panela, en su mayoría son de madera, y en algunos casos son hechos de metal o acero inoxidable, las gaveras son humedecidas antes de colocar la miel para evitar la adherencia de la misma.

2.2.8 Floculación:

La floculación es el fenómeno por el cual las partículas ya desestabilizadas chocan unas con otras para establecer puentes químicos entre sí, es decir con esta desestabilización se consigue que las fueras de atracción tipo de Van der Waals, predominen sobre las de repulsión electrostática y así las partículas se puedan unir y formar primero microflóculos, y más tarde aglomerados voluminosos llamados flóculos. Se produce la compactación de los flóculos para disminuir su grado de hidratación y conseguir características adecuadas como mayor peso y adecuada consistencia para su fácil remoción. (Ojeda, 2012, p.19)

2.2.8.1 Procesos en donde se usan los floculantes:

Según Arboleda (1972) Se utilizan para:

- Remoción de turbiedad orgánica e inorgánica que no puede sedimentar rápidamente
- Remoción de color verdadero y aparente
- Destrucción de algas y plancton en general
- Eliminación de sustancias productoras de sabor y olor en algunos casos y de precipitados químicos suspendidos o compuestos orgánicos entre otros. (p.35)

2.2.9 Plantas floculantes o aglutinantes:

Las plantas aglutinantes que son componentes fundamentales de los ecosistemas de las zonas paneleras, son utilizadas para recoger sustancias y elementos no deseables en el jugo de la caña (guarapo), proceso que permite la obtención de panela de muy buena calidad. Sin embargo, en los últimos años las poblaciones de esta especie se han disminuido sustancialmente debido a uso indiscriminado y desconocimiento de prácticas para su conservación. (López y Osorio, 2004, p.3)

2.2.10 Origen de la Sábila:

Sábila (*Aloe vera barbadensis Miller*), pertenece a la familia de las liliáceas, es originaria del sur de África. El término Aloe se deriva del árabe alloeh, que significa sustancia amarga y brillante. La primera referencia sobre sábila se encuentra en las tablas sumerianas (2200 – 1700 AC.), pertenecientes a una de las civilizaciones más antiguas ubicadas a orillas de los ríos Tigris y Eufrates, ahí se menciona su uso como laxante. En los papiros de los egipcios (1500 AC) se menciona una preparación de las hojas molidas de sábila como medicina para uso interno y externo. (Sierra, 2002, p.5)

2.2.11 Composición de la sábila:

Según Sierra, (2002) “La sábila tiene cuatro componentes principales: la cáscara, el látex y el mucílago que envuelve al parénquima o filete de la gelatina” (p.5).

2.2.11.1 Corteza:

La estructura las hojas está formada por el exocarpio o corteza, la cual está cubierta de una cutícula delgada. La corteza representa aproximadamente del 20 al 30% del peso de toda la planta y dicha estructura es de color verde o verde azulado, dependiendo de diversos factores tales como: el lugar, clima o nutrición de la planta. (Domínguez *et al*, 2012, p. 24).

2.2.11.2 Gel:

Según (Domínguez *et al*, 2012,) “El parénquima, conocido comúnmente como pulpa o gel se localiza en la parte central de la hoja y representa del 65 al 80 % del peso total de la planta” (p.24).

El gel envuelto por el mucílago, contiene de 0.3 - 4% de sólidos totales consistentes de aproximadamente 75 compuestos, y 96 – 99.7 % de agua. Este contenido puede variar según la edad de la planta, manejo del cultivo, método de extracción y partes de la planta usadas. (Sierra, 2002, p. 6)

2.2.12 Composición química de la sábila:

La composición interna de la sábila es una fuente muy variada en vitaminas, minerales y carbohidratos como se puede observar en la tabla 1.

2.2.13 Nopal:

El nopal *Opuntia ficus-indica*, especie perteneciente al género *Opuntia* de la familia *Cactaceae*, tiene una distribución global y es un importante recurso de nutrientes y alimentos. Existen cerca de 1500 especies del género *Opuntia* y muchas de ellas producen frutos comestibles y altamente beneficiosos para la salud, ya que, a modo de ejemplo, la tuna es rica en calcio y fósforo, minerales fundamentales para la formación de huesos. (Jiménez, 2014, p. 1).

Según Sáenz et al. (2006) “Son originarios de América tropical y subtropical y hoy día se encuentran en una gran variedad de condiciones agroclimáticas, en forma silvestre o cultivada, en todo el continente americano” (p.2).

2.2.14 Composición química del nopal:

La composición interna del nopal, proporciona varios macro y micronutrientes útiles para el ser humano, proporciona 27 kcal en energía, presenta mayor proporción en carbohidratos y un valor de alrededor de 1 mg en calcio, tal como se puede observar en la tabla 2.

Tabla 1. Componentes Químicos de la Planta de Aloe Vera

| Composición | Compuestos |
|--------------------------------|---|
| Antraquinonas | Ácido aloético, antranol, ácido cinámico, barbaloína, ácido crisofánico, emodina, aloe.emodin, éster de ácido cinámico, aloína, isobarbaloína, antraceno, resistanol. |
| Vitaminas | Ácido fólico, vitamina B1, colina, vitamina B2, vitamina C, vitamina B3, vitamina E, vitamina B6, beta caroteno. |
| Minerales | Calcio, magnesio, potasio, zinc, sodio, cobre, hierro, manganeso, fósforo, cromo |
| Carbohidratos | Celulosa, galactosa, glucosa, xilosa, manosa, arabinosa, Aldo pentosa, glucomanosa, fructosa, acemanano, sustancias pépticas, L.ramnosa |
| Enzimas | Amilasa, ciclooxidasa, carboxipeptidasa, lipasa, badikinasa, catalasa, oxidasa, fosfatasa alcalina, ciclooxigenasa, superóxido dismutasa. |
| Lípidos y compuestos orgánicos | Esteroides (campesterol, colesterol, β -sitoesterol), ácido salicílico, sorbato de potasio, triglicéridos, lignina, ácido úrico, saponindas, giberelina, triptenos. |
| Aminoácidos | Alanina, ácido aspártico, arginina, ácido glutámico, glicina, histidina, isoleucina, lisina, metionina, fenilamina, prolina, tirosina, treonina, valina |

Fuente: Tomado de Domínguez et al. (2012)

Tabla 2. Composición Química del Nopal

| Parámetro | Contenido |
|--------------------|-----------|
| Porción comestible | 78.00 |
| Energía (kcal) | 27.00 |
| Proteínas (g) | 1.70 |
| Grasas (g) | 0.30 |
| Carbohidratos (g) | 5.60 |
| Calcio (mg) | 93.00 |
| Hierro (mg) | 1.60 |
| Tiamina (mg) | 0.03 |
| Riboflavina (mg) | 0.06 |
| Niacina (mg) | 0.03 |
| Ascórbico (mg) | 8.00 |

Fuente: Tomado de De la Rosa (2001)

2.2.15 Mucílago del nopal:

Según Abraján (2008) “Otro componente al que se ya se ha hecho mención por su importancia fisiológica” (p.23).

El mucílago es un carbohidrato complejo. Entre los monómeros contenidos en la cadena se encuentran: Larabinosa, D-galactosa, L-ramnosa, D-Xilosa y ácido galacturónico. La proporción de estos monómeros en la molécula varía de acuerdo a diversos factores como: variedad, edad, condiciones ambientales y estructura empleada para la extracción (fruto, cáscara, cladodio), entre otros factores.

(Abraján, 2008, p.24)

En la tabla 3 se evidencia la composición química del mucílago del nopal.

Tabla 3. Composición Química del Mucílago de *Opuntia ficus indica*

| Solvente | Humedad | Proteína | Cenizas | Nitrógeno | Ca | K |
|-------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| Etanol | 4.9 ± 0.60 | 7.9 ± 1.5 | 36.2 ± 2.3 | 1.3 ± 0.2 | 10.9 ± 0.7 | 1.6 ± 0.2 |
| Isopropanol | 5.5 ± 1.1 | 6.1 ± 0.7 | 39.1 ± 2.4 | 1.0 ± 0.1 | 12.7 ± 1.6 | 2.0 ± 0.3 |

Fuente: Tomado de Sepúlveda (2007)

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

la investigación cuantitativa se ocupa en la recolección y análisis de información por medios numéricos y mediante la medición, por su parte, la investigación cualitativa toma como misión recolectar y analizar la información en todas las formas posibles, exceptuando la numérica (Niño, 2011, p.30).

Para el desarrollo de la investigación se aplicó un enfoque cualicuantitativo, obteniendo datos de las variables de estudio para poder describir el comportamiento de las mismas, se procesaron mediante el análisis estadístico permitiendo establecer la existencia de diferencias entre las medias aritméticas o promedios de los tratamientos estudiados, además se realizaron evaluaciones sensoriales que desde un enfoque cualitativo permiten establecer su ubicación en la escala hedónica para panela.

3.1.2. Tipo de Investigación

“Un experimento consiste en someter un objeto en estudio a la influencia de ciertas variables, en condiciones controladas y conocidas por el investigador, para observar los resultados que la variable produce en el objeto” (Cerdo, 1991, p.55).

Se aplicó un tipo de estudio experimental, en virtud que fue necesario el desarrollo de un estudio comparativo entre varios tratamientos (100% gel de sábila +85°C) (100% gel de sábila + 95°C) (100% mucílago de nopal + 85°C) (100% mucílago de nopal+ 90°C). Este estudio permitió identificar las mejores condiciones de aplicación de los tratamientos, para elaborar panela, mediante un proceso de clarificación con floculantes naturales.

Además, se aplicó la investigación bibliográfica, ya que fue necesario la recolección y análisis de información a través de diversas fuentes secundarias, en las que la presente investigación se apoya y fundamenta.

3.2. HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER

Hipótesis nula (H₀): La aplicación del gel de sábila y nopal, no incide significativamente en el proceso de clarificación del jugo de caña en la elaboración de panela.

Hipótesis Alternativa (H₁): La aplicación del gel de sábila y nopal, incide significativamente en el proceso de clarificación del jugo de caña en la elaboración de panela.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 4. Operacionalización de variables

| Variable | Dimensión | Indicador | Técnica | Instrumento |
|--|--|--|--|-------------------------------------|
| Cantidad de mucílagos de sábila y nopal y variaciones de temperatura | Proceso de Clarificación de jugo de caña | 50 ml de gel de sábila + 85°C 50 ml de gel de sábila + 90°C 50 ml de mucílago de nopal +85°C 50ml de mucílago de nopal + 95°C | Aplicación directa del mucílago en el jugo de caña (Loyo 2018) | Frascos Autoclavables Termómetro |
| Factores de respuesta | % de sólidos en suspensión en jugo de caña | 0.1-800 NTU | ISO 7027-1: 2016. Determinación de la turbidez. Métodos cuantitativos. | Turbidímetro |
| | Residuo de cachaza generada | Kg/l | Método gravimétrico por diferencia de peso | Balanza (0-50kg) |
| | Color | - | Sensorial | Hoja de Catación |
| Panela | % Azúcares Reductores | 5.5-10 | NTE INEN 266. Azúcar Reductor | HPLC |
| | % Humedad | 0-7 | NTE INEN 265, Humedad por gravimetría | Estufa Balanza Analítica |
| | % Sacarosa | 75-83 | NTE INEN 268, Sacarosa | HPLC |
| | <i>Escherichia Coli</i> | <10 ufc | E. coli Petrifilm™ - AOAC 991.14 | Placas de Recuento Microbiológico |
| | Mohos y Levaduras | 2,0 x 10 ² - 5,0 x 10 ² ufc | MB/04 BAM CAP 18 FDA | Placas de Recuento Microbiológico |
| Evaluación Sensorial | Escala Hedónica | 5 Me gusta mucho 4 Me gusta levemente 3 No me gusta ni me disgusta 2 Me disgusta levemente 1 Me disgusta mucho | Prueba Objetiva | Hoja de Evaluación Sensorial |

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Análisis Estadístico

Según Garcia, Mina, Torres, Burbano y Yambay (2017) El término completamente aleatorizado proviene del hecho que varios sujetos o unidades experimentales se asignan aleatoriamente a diferentes niveles de un solo factor. El análisis de varianza se basa en una comparación de la cantidad de variación en cada uno de los tratamientos.

El diseño experimental que se utilizó en el desarrollo de la investigación, está enfocado mediante un diseño completamente al azar (DCA). Seguido de la prueba de diferencia estadística de los tratamientos la misma que se desarrollará mediante la prueba de rangos de Tukey al 5% es decir con un 95% de probabilidad y 5 % como margen de error. El arreglo factorial se determinó en la tabla 5.

Tabla 5. Arreglo factorial A*B para definir el mejor tratamiento para la clarificación de jugo de caña para la elaboración de panela

| Nº | Símbolo | Combinación Tratamientos |
|----|-------------------------------|--|
| 1 | a ₁ b ₁ | 100% de gel de sábila + 85 °C hasta formación de cachaza |
| 2 | a ₁ b ₂ | 100% de gel de sábila + 90 °C hasta formación de cachaza |
| 3 | a ₂ b ₁ | 100% de mucílago de nopal + 85 °C hasta formación de cachaza |
| 4 | a ₂ b ₂ | 100% de mucílago de nopal + 90 °C hasta formación de cachaza |

Nota: A: Concentración de gel de sábila + nopal; B: Tratamiento térmico

Población y Muestra

La población de estudio para este proyecto investigativo fueron las concentraciones de gel de sábila y nopal

De esta población se consideró como muestra a las cantidades de sábila y nopal.

Para llevar a cabo la investigación, el arreglo factorial **A*B** dependió de lo siguiente:

Número de tratamientos: 4

Número de repeticiones: 3

Unidades experimentales: 12

Tamaño de la unidad experimental: 20 litros de jugo de caña.

3.4.2 Proceso de Extracción de Floculantes Naturales

3.4.2.1 Extracción mucílago de Nopal

Se realizó siguiendo una metodología similar usada por Loyo (2018), el proceso en general comienza con la recepción de las pencas o cladodios del nopal, de las cuales se obtendrá el mucílago, se realiza una selección para descartar los cladodios en mal estado y se procede a realizar el proceso de desespinado con la ayuda de cepillos y espátulas, luego de esto se lava y desinfecta con agua clorada a 50ppm , se procede a pesar la materia prima para posterior cálculos de rendimiento, se corta trozos del cladodio y se macera en agua por 16 horas, posteriormente, se realizó el proceso de filtración para eliminar las partículas de mayor tamaño y así obtener el mucílago del nopal, el diagrama de flujo se presenta en la figura 1.

3.4.2.2 Extracción Gel de Sábila

Para el proceso de extracción del gel de sábila se siguió la metodología de Conti, Simonetti, Lozano, y Figueroa (2006) (Como se citó en Domínguez et al. (2012)) la cual consiste en realizar una separación manual por fileteado del gel de sábila, se receptó las hojas de sábila y se realizó un proceso de selección desechando las hojas en mal estado, se prosiguió a sumergir las hojas en una solución clorada para su desinfección por 3 minutos. Desinfectadas las hojas de sábila se colocó en un recipiente con agua y se dejó en reposo por 48 horas hasta que el yodo presente por el corte de la sábila no afecte el proceso, posteriormente se enjuaga las hojas para eliminar los residuos, se remueve la corteza de la hoja, cortando los extremos, la parte frontal y trasera, obteniendo así el gel de sábila, el proceso de maceración se lo realiza con una proporción de 1:1, se debe asegurar que el agua cubra la mayor parte de cantidad de pulpa troceada, por 24 H. terminado el proceso anterior se procedió a filtrar y se obtuvo el mucílago de sábila. El diagrama de flujo se presenta en la figura 2.

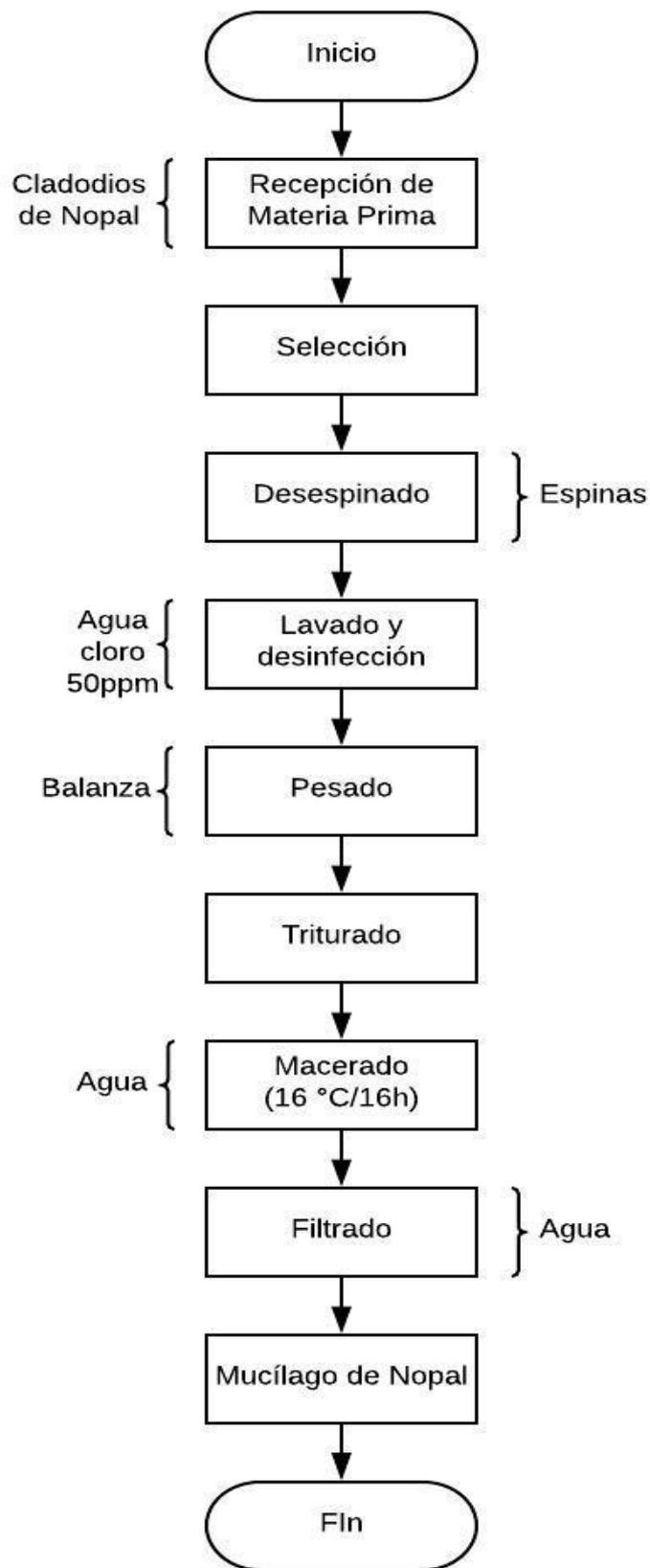


Figura 1. Proceso de Extracción Mucílago de Nopal.

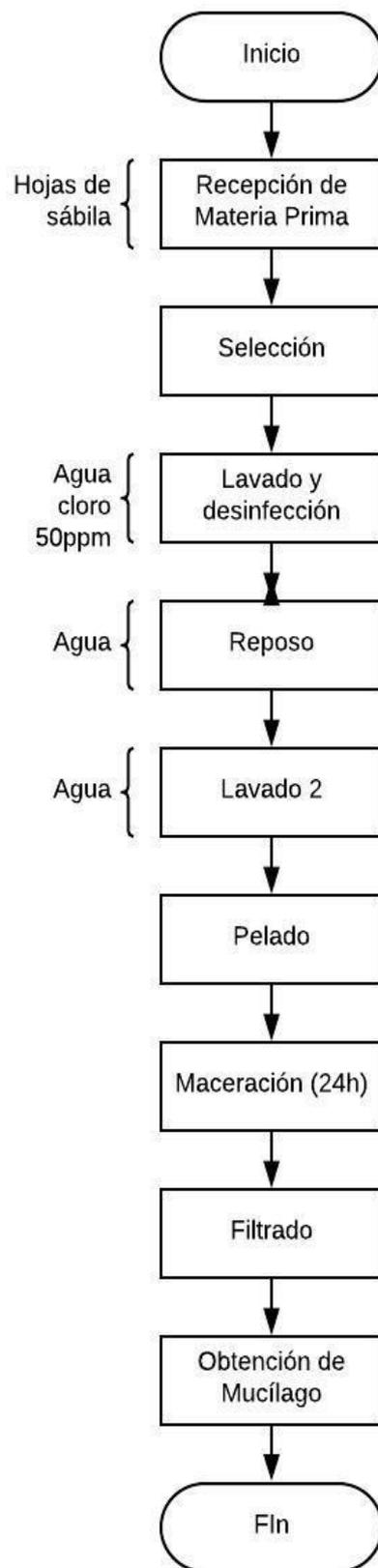


Figura 2. Proceso de Extracción Mucílago de Sábila

3.4.2. Proceso de elaboración de panela

La elaboración de panela se realizó en el sector de Puerramal, Parroquia de Chical, Cantón Tulcán, se usó la variedad de caña tipo Caleña, característica en el noroccidente de la provincia del Carchi. El proceso se observa en la figura 3.

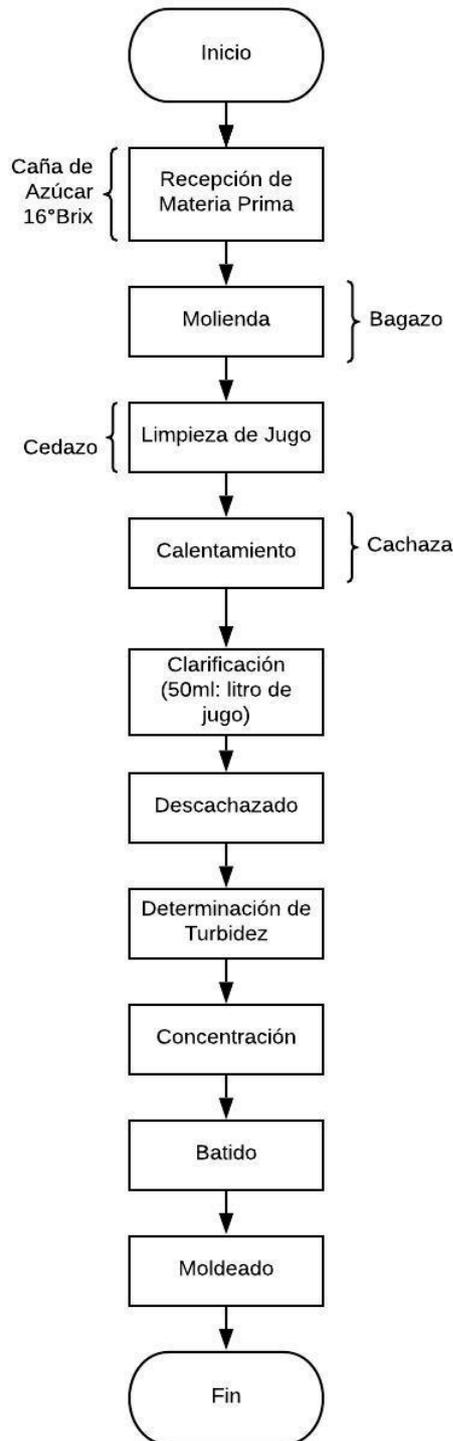


Figura 3. Proceso de Elaboración de panela aplicando floculantes en estudio.

3.4.2.1 Recepción de Materia Prima

La recepción de la caña se la realizó con 24h. previo al procesamiento de la panela, esto con la finalidad de que se concentre los sólidos solubles de la caña, asegurándose que el procesamiento se cumpla dentro de este lapso para evitar la descomposición en donde se presenta un avinagramiento, el apronte de la caña se lo debe realizar en un lugar con poca exposición a la luz solar. Las características del jugo de caña al inicio del proceso se describen en la tabla 6.

Tabla 6. Características del Jugo de Caña-Variedad Caleña

| Características del Jugo de Caña | Rangos |
|----------------------------------|------------|
| Madurez | 50 semanas |
| Turbidez | 2450 NTU |
| °Brix | 16° °Brix |

3.4.2.2 Molienda

La molienda se la realizó en un molino de tres tambores, impulsado a motor, a través de la compresión se obtuvo el jugo de caña, haciendo pasar caña por caña para la obtención del jugo dejando como resultado el bagazo como desecho, el mismo que sirve posteriormente como combustible para la caldera durante la concentración.

3.4.2.3 Filtrado

Una vez obtenido el jugo de caña se lo filtró con la ayuda de un lienzo para eliminar impurezas y bagacillos que se encuentran en el jugo resultantes del anterior proceso. Este procedimiento ayuda a disminuir la cantidad de sólidos suspendidos presentes en el jugo, lo que sirve facilita el proceso de clarificación posteriormente.

3.4.2.4 Calentamiento y primer descachazado

Por efecto del calentamiento, las impurezas comienzan a suspenderse en el jugo por lo que se produce un aglutinamiento de las mismas, entre los 50°C y 60°C de temperatura se procede a retirar la primera cachaza generada con la ayuda de un cedazo. De igual manera este proceso es importante ya que al realizar un descachazado previo a la clarificación se disminuye la cantidad de cachaza que se puede generar al momento de la aplicación de los floculantes.

3.4.2.5 Clarificación

Alcanzada la temperatura establecida en los tratamientos (85 y 90°C) se agrega el floculante (50 ml por cada litro de jugo) y se agita alrededor de 2 minutos. La acción floculante de los clarificantes ayuda a aglutinar las suciedades que no han sido removidas en los procesos anteriores.

3.4.2.6 Segundo descachazado

Se espera el tiempo que varía de 3 a 5 minutos, necesario para la formación de cachaza, una vez aglutinada la cachaza en la superficie se procede a retirarla con la ayuda de un cedazo, y colocarla en un recipiente para poder determinar la cantidad de cachaza que logra cada floculante en estudio.

3.4.2.7 Concentración y determinación del punto de la panela

Terminado el proceso de remoción de cachaza, se dejó concentrar el jugo hasta que se evapore en su totalidad el agua que contiene, alcanzando temperaturas entre 110° y 120°C. Mezclando esporádicamente para que no se quemara el jugo.

Para la determinación del punto de la panela, se realizó la toma de °Brix, este debe oscilar entre los 70 y 85 °Brix. La formación de burbujas en la miel de jugo de caña es también un indicador para la determinación del punto de la panela, se tomó con ayuda de una espátula una pequeña cantidad de miel, y se sumergió en un contenedor con agua fría, se espera dos a tres segundos, y se palpa la fracturabilidad de la misma.

3.4.2.8 Batido

Determinado el punto de la panela se retiró del fuego y se traspasó a otra paila en la que se agita con la finalidad de adicionar aire a la mezcla logrando así formar la textura, dar volumen y temperatura adecuada para el siguiente proceso.

3.4.2.9 Moldeado

Se coloca la masa formada en moldes metálicos de teflón de 3.5 cm de diámetro y 2.5 cm de altura, previamente desinfectados, se coloca las porciones adecuadas dando pequeños golpes para eliminar las cámaras de aire, se dejó enfriar y se obtuvo el producto final.

3.4.2.10 Determinación de Turbidez

Para la determinación de esta variable se utilizó un Turbidímetro marca Lovinbond modelo Turbidirect, antes de iniciar el proceso se realizó una calibración con las celdas patrones de 0.1 hasta 800 NTU. El proceso consistió en tomar 20 ml de muestra con la ayuda de un vaso de precipitación, se toma 10 ml de jugo clarificado con una pipeta volumétrica y se realiza una dilución a 10, se coloca la dilución en la celda para muestra y se procede a registrar los datos.

3.4.2.11 Determinación de residuos de cachaza generada

Para la determinación de los residuos de cachaza se utilizó un cedazo, se retiró la cachaza formada en la parte superior del jugo y se la colocó en un recipiente limpio. Se procedió a pesarla en una balanza y a realizar el registro de los datos.

3.4.2.12 Determinación de Temperatura

Para la medición de temperatura se usó un termómetro digital marca Multi-Thermometer y se registró las lecturas.

3.4.2.13 Determinación de °Brix

Se usó tres refractómetros de la marca Boeco, en las escalas expresadas en la tabla 7. El proceso consistió en tomar 1 ml de muestra a 20°C y colocarla en el prisma para la recolección de datos.

Tabla 7. Escalas de Refractómetros

| Escalas (Grados °Brix) | Proceso |
|------------------------|--------------------------------------|
| 0-32 | Inicio del proceso |
| 28-62 | Proceso de Calentamiento |
| 58-92 | Proceso de Concentración-etapa final |

3.4.2.14 Evaluación Sensorial

Se usó una prueba objetiva mediante un análisis descriptivo descrito por García *et al.* (2017), a través de una prueba de ordenamiento, con el método de clasificación con la ayuda de una escala, el cual consiste en clasificar las muestras de acuerdo con categorías ya definidas. La hoja de evaluación sensorial se presenta el anexo 3.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1 Evaluación de las variables en el proceso de clarificación

4.1.1.1 Turbidez

A continuación, se presenta el análisis estadístico realizado en el programa Minitab, lo cual arrojó los valores que se observan en la tabla 8.

Tabla 8. Análisis de varianza, arreglo factorial A*B para definir el mejor tratamiento para la clarificación de jugo de caña para la elaboración de panela.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|--------------|----|-----------|-----------|----------|---------|
| Tratamientos | 4 | 95021,1 | 23755,3 | 78659,86 | 0,000 |
| Error | 10 | 3,0 | 0,3 | | |
| Total | 14 | 95024,1 | | | |

El análisis de varianza realizado con un nivel de significancia de 0.05, determinó que, en al menos uno de los tratamientos, su media aritmética difiere significativamente respecto a los demás. Por lo tanto, se rechaza la Hipótesis nula, que indica que no existe diferencia estadísticamente significativa en las medias de los tratamientos (100% gel de sábila +85°C; 100% gel de sábila +90°C; 100% mucílago de nopal+ 85°C; 100% mucílago de nopal +90°C) utilizados en este estudio.

La prueba de significancia que se utilizó corresponde a la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05, lo que permitió identificar los tratamientos que difieren estadísticamente como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Comparación Utilizando el Método Tukey con una Confianza del 95%

| Tratamientos | N | Media | Agrupación |
|--------------|---|---------|------------|
| 1 | 3 | 206,333 | A |
| 2 | 3 | 204,000 | B |
| 3 | 3 | 60,966 | C |
| 4 | 3 | 60,200 | C |
| 5 | 3 | 16,8660 | D |

4.1.1.2 Residuo de Cachaza

Los resultados del análisis de varianza de residuo de cachaza se observan en la tabla 10.

Tabla 10. Análisis de Varianza Residuo de Cachaza

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|--------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Tratamientos | 4 | 5,4014 | 1,35034 | 67,38 | 0,000 |
| Error | 10 | 0,2004 | 0,02004 | | |
| Total | 14 | 5,6018 | | | |

El análisis de varianza realizado con un nivel de significancia de 0.05 determina que no existe diferencias significativas a excepción del testigo, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula que indica que todas las medias son iguales.

Tabla 11. Comparación Utilizando el Método Tukey con una Confianza del 95%

| Tratamientos | N | Media | Agrupación |
|--------------|---|-------|------------|
| 5 | 3 | 2,404 | A |
| 4 | 3 | 1,075 | B |
| 3 | 3 | 0,985 | B |
| 2 | 3 | 0,865 | B |
| 1 | 3 | 0,777 | B |

La prueba de significancia que se utilizó corresponde a la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05, la misma que permite identificar el tratamiento que difiere estadísticamente el cual corresponde al testigo. Como se observa en la tabla 11.

Tabla 12. Variables de Respuesta, Media y Desviación estándar

| Tratamientos | Turbidez | Residuo de Cachaza |
|--------------|---------------|--------------------|
| T1 | 206,33 ± 0,58 | 0,777 ± 0,02 |
| T2 | 204,0 ± 1 | 0,865 ± 0,03 |
| T3 | 60,97 ± 0,15 | 0,985 ± 0,06 |
| T4 | 60,20 ± 0,37 | 1,075 ± 0,04 |
| T5 | 16,87 ± 0,15 | 2,404 ± 0,30 |

Nota: *0.05 nivel de significancia

Según el modelo estadístico aplicado como se observa en la tabla 12, se determina que el tratamiento T3 (100% mucílago de nopal + 85°C) y el tratamiento T4 (100% mucílago de nopal + 90°C) muestran menor nivel de turbidez en el jugo de caña, con respecto al testigo.

De la misma forma se puede identificar que el tratamiento T4 permitió obtener el mayor rendimiento de residuos de cachaza con respecto al testigo, considerándose a un nivel de significancia de 0.05 como mejor tratamiento a 1000 ml de mucílago de nopal + 90 °C, correspondiente al tratamiento T4.

4.1.2 Condiciones apropiadas para la aplicación de floculantes naturales gel de sábila (*aloe vera*) y nopal (*opuntia ficus-indica*), de manera individual.

Las condiciones expresadas en la tabla 13, son una guía para la aplicación de los floculantes en el proceso de clarificación en la elaboración de panela, mediante el análisis estadístico aplicado se determina que el mejor tratamiento de gel de sábila fue el tratamiento T2 (100% gel de sábila+90°C) y para el mucílago del nopal fue el tratamiento T4 (100% nopal+90°C), como podemos observar se da las mismas condiciones de temperatura.

Tabla 13. Condiciones para la Aplicación de los Floculantes Naturales

| Floculante | Cantidad | Temperatura | Agitación | Formación de cachaza |
|-------------------|------------------------------|--------------------|--|-----------------------------|
| Gel de Sábila | 50 ml por cada litro de jugo | 90 ° C | Agitación leve hasta homogenizar la mezcla (2 min) | 3 a 5 min. |
| Mucílago de Nopal | 1000ml en 20 litros de jugo | | | |

Los dos tratamientos en mención presentan los mejores rendimientos de cachaza en comparación con el testigo como se observa en la tabla 14.

Tabla 14. Rendimientos de Cachaza de los Mejores Tratamientos.

| Tratamientos | Rendimiento de Cachaza |
|---------------------|-------------------------------|
| T2 | 0,865 ± 0,03 |
| T4 | 1,075 ± 0,04 |
| Testigo | 2,404 ± 0,30 |

4.1.3 Evaluación sensorial de los mejores tratamientos

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación sensorial, realizada con un panel no entrenado de 30 jueces, quienes expresaron su percepción hacia los dos mejores tratamientos correspondientes a T2 (100 % sábila + 90°) y T4 (100 % Nopal +90°C) en los atributos de color, apariencia, olor, sabor, y aceptación general.

4.1.3.1 Color

En la figura 4, se puede apreciar que la panela clarificada con nopal correspondiente al T4 alcanzó una aceptación por parte de 16 jueces lo que representa al 53,33 % de los catadores evaluados, en la escala 5 equivalente a (Me gusta mucho), el tratamiento de panela clarificada con sábila correspondiente al T2 obtuvo una aceptación por parte de 13 jueces representando al 43,33%, en la escala 4 equivalente a (Me gusta levemente). Las percepciones realizadas por los jueces son acertadas ya que a pesar de que no difiere mucho el color de las dos panelas, el color de la panela clarificada con sábila era un tono más oscuro que el de la panela clarificada con nopal, aun así el T2 es aceptado por los panelistas.

4.1.3.2 Apariencia

La mayor aceptación en cuanto a la apariencia de la panela fue la del T2 con un 53% de los jueces, en la escala 5 (Me gusta mucho) superando en un 10% al T4 en la misma escala, como se puede apreciar en la figura 5, las observaciones realizadas por los jueces fueron de que a pesar que la panela correspondiente al T4 era más clara que la del T2, esta última presenta mayor uniformidad, estaba exenta de cámaras de aire y no tenía opacidad a diferencia del T4.

Las características con las que se juzgó a la panela correspondiente al T4, son otorgadas por el proceso más no tiene influencia el clarificante usado.

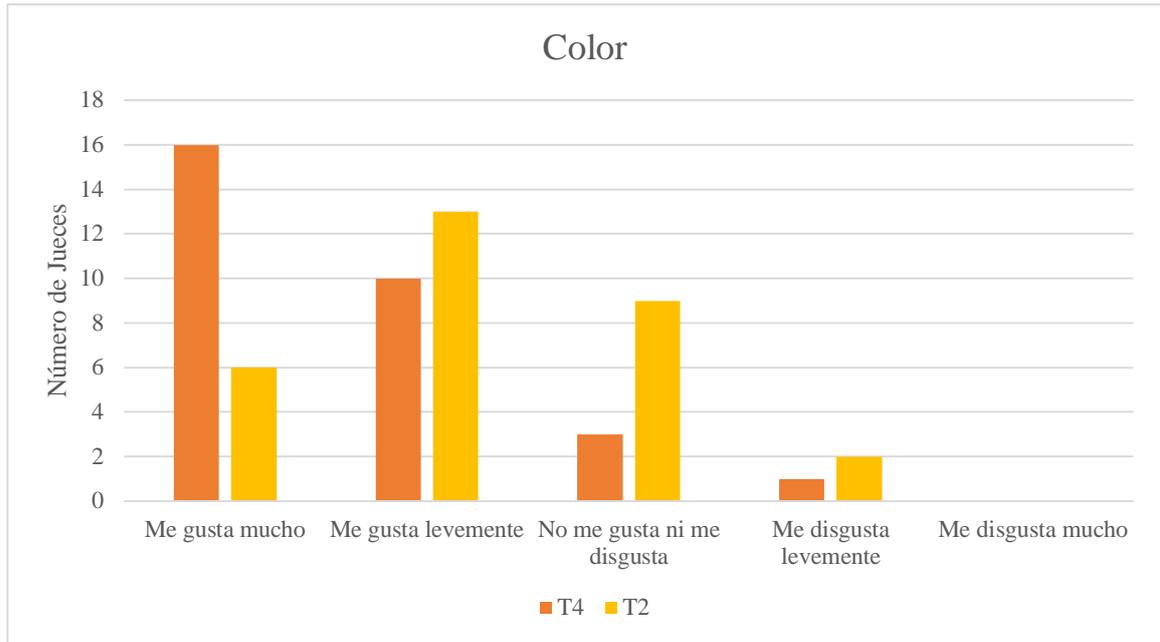


Figura 4. Nivel de Aceptación del Atributo Color en Panela Clarificada con Floculantes Estudiados.

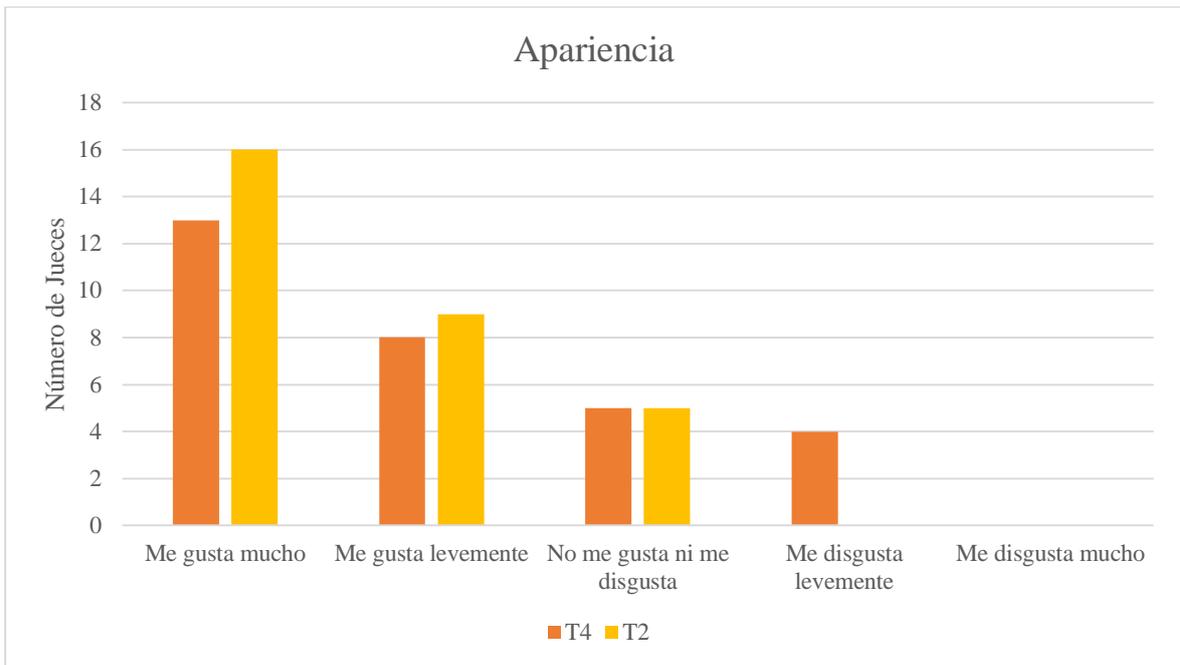


Figura 5. Nivel de Aceptación de Apariencia en Panela Clarificada con Floculantes Estudiados

4.1.3.3 Olor

La percepción del olor fue aceptada por 24 jueces representando el 80% de los jueces en la escala 5 (Me gusta mucho) para el T4, como se puede apreciar en la figura 6, las observaciones realizadas por los jueces indicaron que a diferencia del T2, se podía percibir el aroma característico a panela.

4.1.3.4 Sabor

En cuanto a la característica del sabor, la mayor puntuación fue para el T2, con la aceptación de 12 jueces siendo esto el 40% de los catadores en la escala 4 (Me gusta levemente), el T4 obtuvo la aceptación de 11 jueces representando el 36.67% de aceptación en la escala 5 (Me gusta mucho), estableciendo una diferencia de alrededor de un 4% entre los dos tratamientos. Como se observa en la figura 7.

4.1.3.5 Aceptación General

La aceptación general de la panela sólida fue por parte de 13 jueces siendo un 43.34% de los catadores para el T4, en la escala 5 (Me gusta mucho), y de un 40% (12 jueces) para el T2, en la escala 4 (Me gusta levemente), como se observa en la figura 8, lo que claramente indica que, aunque existe mayor preferencia, por una diferencia del 3%, por el tratamiento de panela clarificada con nopal, el tratamiento de panela clarificada con sábila es aceptada por los consumidores a pesar de las diferencias entre las características organolépticas evaluadas.

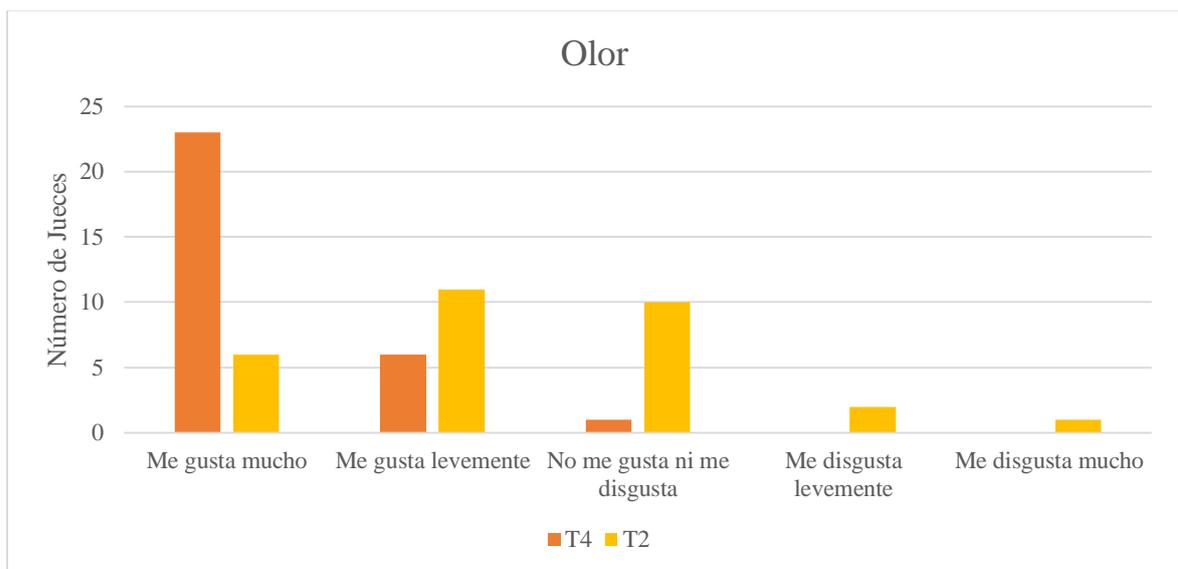


Figura 6. Nivel de Aceptación en el Atributo Olor en Panelas Clarificadas con Floculantes Estudiados.

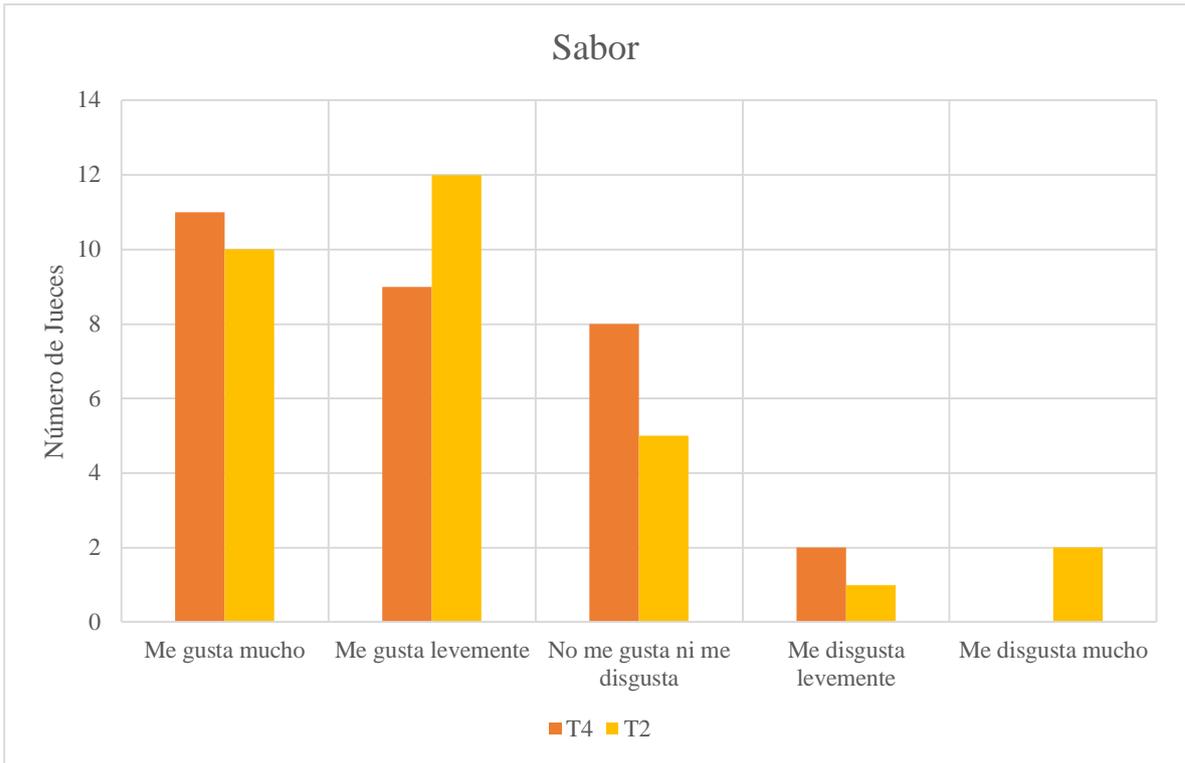


Figura 7. Criterio por parte de Jueces en Atributo de Sabor en Panelas Clarificadas con Floculantes Estudiados

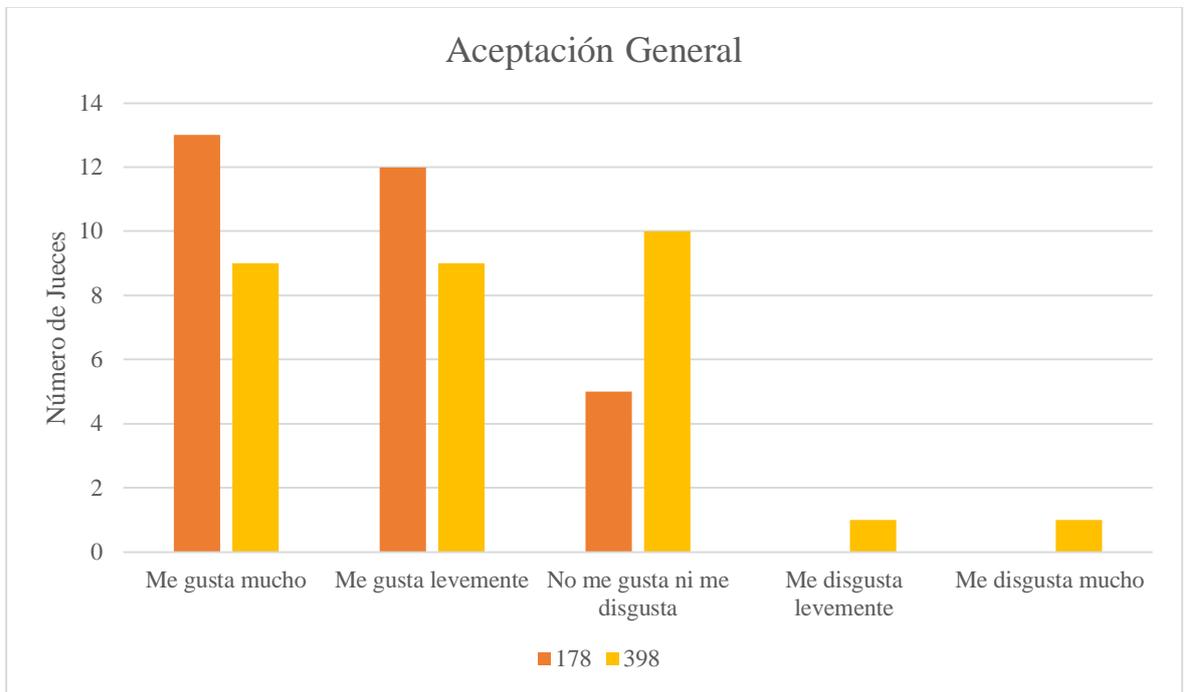


Figura 8. Criterio por parte de Jueces en Aceptación general de Panelas Clarificadas con Floculantes Estudiados

4.1.4 Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la panela clarificada correspondiente al mejor tratamiento.

Una vez determinado el mejor tratamiento a través del análisis estadístico, se realizó los análisis correspondientes según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2331: 2002. Panela Sólida. Requisitos. Como se observa en la tabla 15.

Tabla 15. Características Fisicoquímicas de la Panela Clarificada con el Mejor Tratamiento.

| Parámetros | Unidades | Muestra | Comparación NTE INEN 2331 | Método de Ensayo |
|-----------------|----------|---------|---------------------------|--|
| Azúcar Reductor | % | 3.8 | 5.5-10 | HPLC |
| Humedad | % | 7.5 | 7 | PEE.LASA.FQ.10 _a Gravimetría |
| Sacarosa | % | 76.6 | 75-83 | HPLC |

A continuación, se presentan los resultados microbiológicos observados en la tabla 16 realizados a la panela sólida clarificada con nopal, establecidos en la misma norma.

Tabla 16. Análisis Microbiológico de la Panela Clarificada con el Mejor Tratamiento

| Parámetros | Unidades | Resultado | **Valores de Referencia | Incertidumbre U (k=2) | Método de Ensayo |
|-------------------------|----------|--------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| <i>Escherichia Coli</i> | UFC/g | <10 | <10 | No aplica | PEE/LASA/MB/20 AOAC 991.14 |
| Mohos | UFC/g | 15x10 ¹ | 2,0 x 10 ² | ± 6,98 | PEE/LASA/MB/04 BAM CAP 18 FDA |
| Levaduras | UFC/g | 10 | 2,0 x 10 ² | No aplica | PEE/LASA/MB/04 BAM CAP 18 FDA |

4.2. DISCUSIÓN

Comparando los valores de turbidez obtenidos por Loyo (2018), en donde la turbidez del mejor tratamiento obtuvo un valor de 181 NTU en jugo clarificado con nopal, difieren de los obtenidos en la presente investigación 602 NTU, a pesar de mantener condiciones experimentales semejantes no coinciden con los resultados, pudiendo ser un factor a considerar las proporciones trabajadas en las dos investigaciones.

Los resultados de turbidez correspondiente al mejor tratamiento T4 (50 ml de nopal: 90°C) son valores que se asemejan a los descritos en la investigación realizada por Quezada, Torres, W, y Gallardo (2016), en donde los floculantes estudiados no cumplen con las características de clarificación debido a que sus valores sobrepasan las 300 NTU.

La cantidad de cachaza generada, es similar a los resultados reportados por Demera, Almeida, Zambrano, Loor y Cedeño (2015), en donde se obtuvo 0.648 kg/L, con una unidad experimental de 10 L, usando mucílago de corteza de cacao, el valor obtenido en esta investigación correspondiente al mejor tratamiento fue de 1,075 kg/L. con una unidad experimental de 20 L, sin embargo, terminado el proceso de retiro de cachaza el jugo contenía aún sólidos en suspensión.

En cuanto a las condiciones apropiadas para la aplicación de los clarificantes se pudo determinar mediante experimentaciones anteriores que, si aumentamos la proporción de clarificante de nopal, el jugo se torna viscoso, el tiempo de generación de cachaza aumenta y no flocula, por lo que tiende a suspenderse dificultando el proceso de remoción de cachaza.

Mediante la evaluación sensorial realizada se determinó que en el atributo correspondiente a olor se corrobora con los resultados presentados por Loyo (2018) quien determina que, a menores cantidades de mucílago de nopal, se concentra en mayor cantidad el olor dulce característico a panela.

Los parámetros fisicoquímicos de la panela clarificada con nopal correspondiente al mejor tratamiento, están dentro de la regulación ecuatoriana establecidos en la NTE 2331:2002 a excepción del porcentaje de azúcar reductor y el porcentaje de humedad.

El porcentaje de humedad de la panela dentro de esta investigación fue de 7.5% con una diferencia de 0.5 respecto a la norma, sin embargo, este valor se asemeja al valor presentado por Macias, Garcia y Galvis (1990) en donde determinan el porcentaje de humedad para

panela con valores cercanos al 9 %. Esta variación puede presentarse por dos factores, al ser la panela higroscópica absorbe o pierde humedad, el medio en donde fue elaborada es un ambiente cálido-húmedo y el segundo factor se atribuye a las condiciones de almacenamiento.

Sin embargo, esta diferencia no interfiere en los demás parámetros ya que al tener más porcentaje humedad, se aumentan los azúcares reductores y disminuye el porcentaje de sacarosa, en esta investigación el primer parámetro es bajo y el % de sacarosa está dentro de los valores establecidos.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Las variables evaluadas de turbidez y residuos de cachaza arrojaron mejores resultados al aplicar una concentración de (50 ml/L de jugo de caña) de mucílago de nopal a una temperatura de 90°C, obteniendo valores de 602 NTU y 1.075 kg/L en residuos de cachaza.

Los valores obtenidos en el análisis fisicoquímico se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Norma INEN NTE 2331:2002 a excepción al porcentaje de humedad que presenta una variación de 0.5% lo cual se atribuye a la higroscopicidad de la panela.

El porcentaje de 3.8 de azúcar reductor se encuentra por debajo de los parámetros establecidos dentro de la norma, debido a las variaciones de temperaturas, que conllevan al desarrollo de la reacción de Maillard, siendo este un factor que influye directamente en el color de la panela.

La panela clarificada con gel de sábila a pesar de que su actividad clarificante se encuentra por debajo de los floculantes naturales más usados y se acerca a los valores de turbidez en el jugo de caña sin el proceso de clarificación, es aceptada por los consumidores en los atributos de sabor y apariencia.

Los clarificantes propuestos gel de sábila y mucílago de nopal evaluados de manera independiente, no inciden en el proceso de clarificación de jugo de caña, teniendo como resultado jugos turbios y panelas con tonalidades semi-oscurecidas, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

5.2. RECOMENDACIONES

Investigar el gel de sábila dentro del proceso de elaboración de panela, si bien su incidencia en el proceso de clarificación no fue la deseada se le podría indagar el aporte nutricional que este le podría brindar a la panela.

Se recomienda tener las condiciones de proceso con un mejor control para evitar reacciones que pueden afectar la calidad de la panela.

Indagar sobre la actividad floculante del mucílago de nopal en la industria alimenticia con la finalidad de dar un aprovechamiento a los desechos industriales generados.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraján, M. (2008). *Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del nopal (opuntia ficus-indica) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible* (Tesis doctoral no publicada) .Universidad Politécnica de Valencia. doi:10.4995/Thesis/10251/3794.
- Arboleda, J. (1972). *Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua*. Lima: CEPIS. Recuperado de Departamento de Ingeniería y Ciencias del Ambiente.
- Ávila, I. (2011). *El Aguardiente de Caña, procesos y tradición en el valle de Yunguilla* (Tesis de pregrado). Recuperado de Universidad de Cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3327>
- Baquero, M., y Lucio-Paredes, A. (2010). La Agroindustria ecuatoriana: un sector importante que requiere de una ley que promueva su desarrollo. *La Granja*, 11(1), 44-46.
- Castillo, R., y Silva, E. (2004). Fisiología, floración y mejoramiento genético de la caña de azúcar en Ecuador. CINCAE. Recuperado de: <https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/05/FISIOLOGIA-Y-MEJORAMTO.pdf>
- Cerdo, H. (1991). *Los Elementos de la Investigación como reconocerlos, diseñarlos y construirlos* . Bogotá: EL BUHO .
- De la Rosa, J. (2001). El nopal. Usos, manejo agronómico y costes de producción en México. *CONAZA-UACH-CIESTAAM.*, 23-35.
- 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. *Alimentos Hoy*, 23(36), 51-61.

- Dominguez, R., Arzate, I., Chanona, J., Welti, J., Alvarado, J., Calderón, G., . . . Gutierrez, G. (2012). El gel de aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmaceutica y alimentaria. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 11(1), 23-43.
- FUNACH-ASCAPAM, U. (2002). *Capacitación en obtención de nuevos productos derivados de la caña y el manejo adecuado de la agroindustria panelera, municipio de Mocoa*. Recuperado de Repositorio Digital Agronet: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4775/1/2006102416333_Guia%20elaboracion%20de%20panela.pdf
- Garcia, J., Mina, J., Torres, F., Burbano, M., & Yambay, W. (2017). *Evaluación Sensorial y metodologías para su análisis*. Tulcán: Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Gualotuña, L. (2013). *Identificación de variedades de caña panelera (saccharum officinarum) en cuatro provincias del país para formar un banco de germoplasma en pacto, pichincha*. Obtenido de Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1040/1/T-UCE-0004-16.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2016). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Recuperado de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuaria/espac/espac-2016/Presentacion%20ESPAC%202016.pdf
- Jiménez, E. (2014). *Obtención del mucílago de la cáscara de la tuna (Opuntia ficusindica)*(Tesis de pregrado) Recuperado de Universidad de Chile: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130028/Obtencion-del-mucilago-de-la-cascara-de-la-tuna.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lopez, J., y Osorio, G. (2004). *Especies vegetales utilizadas como aglutinantes o floculantes en la industria panelera*. Recuperado de CORPOICA-Boletín Divulgativo Plegable: <http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/especies-vegetales-utilizadas-como-aglutinantes-o-floculantes-en-la-agroindustria-panelera.pdf>
- Loyo, M. d. (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*. Obtenido de Repositorio digital Universidad Técnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8018>

Macias, B., Garcia, H., & Galvis, J. (1990). Determinación de la humedad de equilibrio en panela. *Agronomía Colombiana*, 7(1-2), 70-75. doi:2357-3732

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2002). *Guía para la elaboración de panela*. Recuperado de Biblioteca digital Agronet: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4775/1/2006102416333_Guia%20elaboracion%20de%20panela.pdf

Niño, V. (2011). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Ediciones de la U.

Ojeda, L. (2012). *Determinación de la eficiencia de las características coagulantes y floculantes del Tropaeolum Tuberosum en el tratamiento del agua cruda de la planta de puengasí de la EPMAPS* (Tesis de pregrado). Recuperado de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3866/1/UPS-QT03424.pdf>

Ortiz, C., Solano, D., Villada, H., & Mosquera, S. y. (2011). Extracción y secado de floculantes naturales usados en la clarificación de jugos de caña. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(2), 32-40.

Osorio, G. (2007). *Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) en la producción de caña y panela*. Recuperado de CORPOICA-Gobernación de Antioquia-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO: <http://www.fao.org.co/manualpanela.pdf>

Prada, E. (2002). *Mejoramiento en la Calidad de Panela y Miel*. Bogotá-Colombia: Produmedios.

Quezada, W., y Gallardo, I. (2014). Clarificación del jugo de caña mediante el empleo de plantas mucilaginosas. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 48(3), 41-48.

Quezada, W. Gallardo, I., y Quezada Torres, D. (2015). Temperatura y concentración del jugo de caña según pisos climáticos en Ecuador. *ICIDCA, Sobre los derivados de la caña de azúcar*, 49(1), 17-21.

Quezada, W., Quezada Torres, D., y Gallardo, I. (2016). Plantas mucilaginosas en la clarificación del jugo de la caña de azúcar. *Centro Azúcar*, 43(2), 1-11.

Quezada, W., Quezada Torres, D. y Molina, A. (2018). Agroindustria Panelera: Alternativa para su Intensificación. *KnE Engineering*, 3(1), 19-27. <https://doi.org/10.18502/keg.v3i1.1409>

Quezada, W. (2007). *Guía Técnica de Agroindustria panelera*. Ibarra-Ecuador: s/e.

Ramirez, M. (2008). *Cultivos para la Producción sostenible de biocombustibles: Una alternativa para la generación de empleos e ingresos*. Honduras: Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo SNV

Sáenz, C. B.-F. (2006). Utilización Agroindustrial del Nopal. 162. Obtenido de Boletín de servicios agrícolas FAO.

Sepúlveda, E. S. (2007). Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia*. *Journal of Arid Environments*, 68, 534-545.

Sierra, A. (2002). *Desarrollo de un prototipo de bebida de sábila (Aloe vera barbadensis Miller) y naranja* (Tesis de pregrado). Recuperado de Biblioteca digital Zamorano: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1522/1/AGI-2002-T041.pdf>

V. ANEXOS

Anexo 1: Certificado o Acta del Perfil de Investigación



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERIA EN ALIMENTOS

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN DE PREDEFENSA DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN DE:

NOMBRE: TUCANES NOGUERA MARIA BELEN
NIVEL/PARALELO: DÉCIMO

CÉDULA DE IDENTIDAD: 0401585120
PERIODO ACADÉMICO: Abril Agosto 2019

TEMA DE INVESTIGACIÓN: "USO DE GEL DE SÁBILA (ALOE VERA) Y NOPAL (OPUNTIA FICUS-INDICA) COMO FLOCULANTES NATURALES PARA LA CLARIFICACIÓN DE JUGO DE CAÑA EN LA ELABORACIÓN DE PANELA".

Tribunal designado por la dirección de esta Carrera, conformado por:

PRESIDENTE: MSC. CHAMORRO HERNÁNDEZ LILIANA MARGOTH
LECTOR: MSC. TORRES MAYANQUER FREDDY GIOVANNY
ASESOR: MSC. MINA ORTEGA JORGE IVÁN

De acuerdo al artículo 21: Una vez entregados los requisitos para la realización de la pre-defensa el Director de Carrera integrará el Tribunal de Pre-defensa del informe de investigación, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

EDIFICIO DE AULAS: 4 **AULA:** 106

FECHA: 09 de septiembre 2019

HORA: 11H45

Obteniendo las siguientes notas:

| | |
|-----------------------------------|-------------|
| 1) Sustentación de la predefensa: | 6,80 |
| 2) Trabajo escrito | 2,70 |
| Nota final de PRE DEFENSA | 9,50 |

Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo acatar el siguiente artículo:

Art. 24.- De los estudiantes que aprueban el Plan de Investigación con observaciones. - El estudiante tendrá el plazo de 30 días laborables para proceder a corregir su informe de investigación de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el

09 de septiembre 2019


MSC. CHAMORRO HERNÁNDEZ LILIANA MARGOTH
PRESIDENTE


MSC. MINA ORTEGA JORGE IVÁN
TUTOR


MSC. TORRES MAYANQUER FREDDY GIOVANNY
LECTOR

Adj.: Observaciones y recomendaciones

Anexo 2: Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER

| ESSAY EVALUATION SHEET | | | | |
|---|--|---|--|---|
| NAME: MARIA BELEN TUCANES NOGUERA | | | 07/ 08/2019 | |
| Topic: Use of aloe vera gel (Aloe Vera) and prickly pear (opuntia ficus-indica) as natural flocculants to clarify the cane juice in the production of raw cane sugar. | | | | |
| CUANTITATIVE AND QUALITATIVE | | | | |
| VOCABULARY AND WORD USE | Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic | Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic | Use basic vocabulary and simple words related to the topic | Limited vocabulary and inadequate words related to the topic |
| | EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| WRITING COHESION | Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs. | Adequate progression of ideas and supporting paragraphs. | Some progression of ideas and supporting paragraphs. | Inadequate ideas and supporting paragraphs. |
| | EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| ARGUMENT | The message has been communicated very well and identify the type of text | The message has been communicated appropriately and identify the type of text | Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing | The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate |
| | EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| CREATIVITY | Outstanding flow of ideas and events | Good flow of ideas and events | Average flow of ideas and events | Poor flow of ideas and events |
| | EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| SCIENTIFIC SUSTAINABILITY | Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement | Minor errors when supporting the thesis statement | Some errors when supporting the thesis statement | Lots of errors when supporting the thesis statement |
| | EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| TOTAL/AVERAGE | 9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED | | | |
| | REVISOR: MSc. Antus Jose   | | | |



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Maria Belen Tucanes Noguera

Fecha de recepción del abstract: 02 de Agosto del 2019

Fecha de entrega del informe: 07 de Agosto de 2019

El presente informe validará la traducción del texto presentado, del idioma español al inglés, si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción **no** está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9.5 por lo que se valida el presente trabajo.

Evaluador: Msc. Antus Jose
DOCENTE-- CIDEN



Anexo 3: Hoja de Evaluación sensorial aplicada



Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales
Escuela de Ingeniería en Alimentos

Ficha de análisis sensorial de panela sólida usando flocculantes naturales sábila (*Aloe Vera*)
y Nopal (*Opuntia-ficus indica*) en el proceso de clarificación.

Instrucciones:

Las muestras presentadas de panela sólida deben ser analizadas según el orden establecido. Como primer proceso analice el color y apariencia de la panela, luego proceda a percibir el olor. Registre sus resultados.

El segundo proceso consiste en degustar un poco de las muestras presentadas y calificar en cuestión al sabor, es importante que después de cada degustación enjuague su boca con agua, de igual manera registre sus resultados.

Recuerde que es obligatorio rellenar todos los apartados y se lo realizará de la siguiente manera:

Con una puntuación de 1 a 5 siendo:

- 5 Me gusta mucho
- 4 Me gusta levemente
- 3 No me gusta ni me disgusta
- 2 Me disgusta levemente
- 1 Me disgusta mucho

Puntuación Muestra panela Sólida

| Atributo | Código de la Muestra Sólida | |
|------------|-----------------------------|-----|
| | 173 | 398 |
| Color | | |
| Apariencia | | |
| Olor | | |

Puntuación Muestra Panela Líquida

| Atributo | Código de la Muestra Líquida | |
|-------------------------------|-------------------------------------|------------|
| | 173 | 398 |
| Sabor | | |
| Aceptación General | | |

Recomendaciones:

¡Gracias por su colaboración!

Anexo 4: Análisis de Laboratorio LASA, panela sólida



INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA 04-07-19-0251
ORDEN DE TRABAJO No. 0258-19

| DATOS DEL CLIENTE | | |
|--|-------------------------------------|---------------------|
| SOLICITADO POR: MARIA BELEN TUCANES NOGUEIRA | DIRECCIÓN: TULCÁN | |
| TELÉFONO/FAX: 0980026033 | TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO | PROCEDENCIA: PLANTA |
| IDENTIFICACIÓN: PANELA SOLIDA | CÓDIGO INICIAL: MI - FE: 14/06/2019 | |

| DATOS DEL LABORATORIO | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| MUESTREO POR: SOLICITANTE | FECHA DE MUESTREO: - | INGRESO AL LABORATORIO: 24/06/2019 |
| FECHA DE ANÁLISIS: 24/06-04/07/19 | FECHA DE ENTREGA: 04/07/2019 | NÚMERO DE MUESTRAS: 1 (1) |
| CÓDIGO DE MUESTRA: 10007-19 | REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO | |

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

| ITEM | PARÁMETROS | UNIDADES | MUESTRA | INCERTIDUMBRE U (k=2) | MÉTODO DE ENSAYO |
|------|---------------------|----------|---------|-----------------------|------------------------------|
| 1 | AZÚCARES REDUCTORES | % | 3,8 | N.A. | HPLC |
| 2 | COLOR | - | Cañ | N.A. | SENSORIAL |
| 3 | HUMEDAD | % | 7,5 | N.A. | PUE LASA PQ 10a Gravimétrica |
| 4 | SACAROSA | % | 76,6 | N.A. | HPLC |

N.A.: No Aplica


DR. MARCO GUARRO
GERENTE DE LABORATORIO

Prohíbese la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida e tomada por el laboratorio.
Cuando se reúnan criterios de confiabilidad y aplique, se tendrá en cuenta el valor de la incertidumbre asociado al resultado y declarado por el estado específico.
El laboratorio se compromete con la imparcialidad y Confiabilidad de la información y los resultados. La aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012
Juan Ignacio Pareja OES-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815 • Celular: 099 9236 287
e-mail: info@laboratoriolasa.com • web: www.laboratoriolasa.com • Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

INF. LASA 04/07/2019 5398
ORDEN DE TRABAJO N° 19-2938

| DATOS DEL CLIENTE | |
|---|-----------------------|
| SOLICITADO POR: MARÍA BELÉN TUCANES NOGUERA | DIRECCIÓN: TULCÁN |
| TELÉFONO: 0980026033 | |
| TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO | PROCEDECENCIA: PLANTA |
| IDENTIFICACIÓN: PANELA SÓLIDA FE: 14/06/2019 | 100g |

| DATOS DEL LABORATORIO | |
|---|-------------------------------------|
| FECHA DE MUESTREO: 24/06/2019 | NÚMERO DE MUESTRAS: UNA (1) |
| FECHA DE INGRESO AL LABORATORIO: 24/06/2019 | REALIZACIÓN DEL ENSAYO: LABORATORIO |
| FECHA DE ANÁLISIS: 24 AL 03/07/2019 | MUESTREO POR: SOLICITANTE |
| FECHA DE ENTREGA DE INFORME: 04/07/2019 | CÓDIGO DE MUESTRA: 19-10007 |

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

| PARÁMETROS | UNIDADES | RESULTADO | **VALORES DE REFERENCIA | INCERTIDUMBRE U (K=2) | MÉTODO DE ENSAYO |
|------------------|----------|----------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| ESCHERICHIA COLI | UFC/g | <10 | <10 | NO APLICA | PEE/LASA/MB/20 AOAC 991.14 |
| MOHOS | UFC/g | 15 x 10 ¹ | 2,0 x 10 ² | ± 6,98 | PEE/LASA/MB/04 BAM CAP 18 FDA |
| LEVADURAS | UFC/g | 10 | 2,0 x 10 ² | NO APLICA | PEE/LASA/MB/04 BAM CAP 18 FDA |

NOTA: *LAS OPINIONES E INTERPRETACIONES QUE SE INCLUYEN A CONTINUACIÓN, ESTÁN FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL SAE.

NOTA: DE ACUERDO A LOS ENSAYOS REALIZADOS, LA MUESTRA REACTIVA CUMPLE CON LA NORMA, SEY TOMAR EN CUENTA LA INCERTIDUMBRE ASOCIADA A LA MEDIDA CUANDO CORRESPONDA.

**VALORES DE REFERENCIA: NTE INDI 2330:2008
PANELA SÓLIDA REQUISITOS

INTERPRETACIÓN

CUMPLIMIENTO DE ECOCI



Dr. Marco Guajardo Ruales
GERENTE DE LABORATORIO

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL, POR CUALQUIER MEDIO SIN PERMISO POR ESCRITO DEL LABORATORIO.
LASA SE RESPONSABILIZA EXCLUSIVAMENTE DE LOS ANÁLISIS, EL RESULTADO SE REFIERE ÚNICAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA O TOMADA EN EL LABORATORIO.
EL LABORATORIO SE COMPROMETE CON LA IMPARCIALIDAD Y CONFIABILIDAD DE LA INFORMACIÓN Y LOS RESULTADOS (LA ACEPTACIÓN DE ESTE INFORME IMPLICA LA ACEPTACIÓN DE LA POLÍTICA RELATIVA AL TQM Y SERVIDA EN www.laboratoriolasa.com)
CUANDO SE EMITEN CRÉDITOS CONFORMIDAD Y APLIQUE SE TOMARÁ EN CUENTA EL VALOR DE LA INCERTIDUMBRE ASOCIADA Y DECLARADA POR EL MÉTODO ESPECÍFICO.

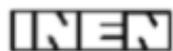
NOTA: *LAS OPINIONES E INTERPRETACIONES QUE SE INCLUYEN A CONTINUACIÓN, ESTÁN FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN SAE.

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012

Juan Ignacio Pareja OE5-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815 • Celular: 099 9236 287

e-mail: info@laboratoriolasa.com • web: www.laboratoriolasa.com • Quito - Ecuador

Anexo 5: Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2331:2002. Panela Sólida.



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 331:2002

PANELA SÓLIDA. REQUISITOS.

Primera Edición

SOLID RAW SUGAR. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de alimentos, azúcar y productos de azúcar, panela sólida, requisitos.
AL 02.04-405
CDU: 644.14
CIU: 3118
ICS: 67.180.10

| Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria | PANELA SÓLIDA. REQUISITOS | NTE INEN 2 331:2002 2002-04 |
|--|---------------------------|-----------------------------|
| <p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la panela sólida destinada para consumo humano.</p> <p style="text-align: center;">2. DEFINICIONES</p> <p>2.1 Caña de azúcar. Es el tallo procedente de cualquier variedad de la planta gramínea <i>Saccharum officinarum</i> L.</p> <p>2.2 Panela sólida. Producto obtenido por evaporación y concentración de los jugos de caña de azúcar, moldeados en diferentes formas.</p> <p>2.3 Panela defectuosa. Es la que presenta uno o más de los siguientes defectos: manchas de color diferente al característico de la panela, cámaras de aire, consistencia blanda (amelochoada), despostillada o partida, infestada con insectos vivos, presencia de impurezas o materia extraña.</p> <p style="text-align: center;">3. CLASIFICACIÓN</p> <p>3.1 De acuerdo al contenido de sólidos sedimentables la panela sólida se clasifica en:</p> <p>3.1.1 Extra;</p> <p>3.1.2 Primera;</p> <p>3.1.3 Segunda.</p> <p style="text-align: center;">4. REQUISITOS</p> <p>4.1 Requisitos Específicos. La panela debe cumplir con los requisitos que se establecen en las Tablas 1, 2, 3 y los que a continuación se describen:</p> <p>4.1.1 La panela sólida en cualquiera de sus clases debe estar libre de impurezas de origen animal.</p> <p>4.1.2 El porcentaje máximo de materias extrañas vegetales: tallos, hojas, otros, debe ser de 0,5 %.</p> <p>4.1.3 El porcentaje máximo de materias inorgánicas: piedras, arena, polvo, debe ser de 0,1 %.</p> <p>4.1.4 La panela sólida debe estar exenta de fragmentos metálicos.</p> <p>4.1.5 La panela sólida debe sujetarse a las Normas Ecuatorianas correspondientes y a falta de estas por las de FAO/OMS/CODEX ALIMENTARIUS, en cuanto tiene que ver con los límites de recomendación de residuos de plaguicidas, productos afines y metales pesados.</p> <p>4.1.6 La panela debe estar exenta de compuestos azufrados y de otras sustancias blanqueadoras.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Tecnología de alimentos, azúcar y productos de azúcar, panela sólida, requisitos.</p> | | |

4.1.7 La panela sólida no debe contener colorantes artificiales.

4.1.8 La panela sólida debe estar exenta de residuos de los siguientes plaguicidas: aldrín, dieldrín, endrín, BHC, campheclor, clordimeform, clordano, DDT, DBCP, lindano, EDB, 2-4-5 T, amitrole, compuestos mercuriales y de plomo, tetracloruro de carbono, leptophos, heptacloro, clorobenzilato, metil paratión, dietil paratión, mirex y dinozeb.

4.1.9 La panela sólida debe estar exenta de microorganismos patógenos como *Escherichia coli*. (según NTE INEN 1529-8)

4.1.10 El contenido de proteína será como mínimo 0,5 %, ensayado de acuerdo a lo que se establece en la NTE INEN 543.

TABLA 1. Requisitos de la panela sólida

| Requisitos | Min | Max | Método de ensayo |
|-------------------|-----|-----|------------------|
| Color T (550 nm) | 30 | 75 | NTE INEN 268 |
| Azúcar Reductor % | 5,5 | 10 | NTE INEN 266 |
| Sacarosa % | 75 | 83 | NTE INEN 266 |
| Humedad % | -- | 7 | NTE INEN 265 |
| pH | 5,9 | -- | |

TABLA 2. Sólidos sedimentables

| Clase | Máx g/100 g de panela | Método de ensayo NTE INEN 388 |
|---------|-----------------------|----------------------------------|
| Extra | 0,1 | |
| Primera | 0,5 | |
| Segunda | 1,0 | |

TABLA 3. Requisitos microbiológicos de la panela

| REQUISITOS | n | m | M | c | Método de ensayo |
|-------------------------------------|---|-------------------|-------------------|---|------------------|
| Recuento de mohos y levaduras upc/g | 3 | $2,0 \times 10^2$ | $5,0 \times 10^2$ | 2 | NTE INEN 1529-10 |

En donde:

- n número de muestras a analizar
- m nivel de buena calidad
- M valor máximo permitido
- c Número de muestras aceptadas con M
- upc unidades propagadoras de colonias

(Continúa)

4.2 Requisitos Complementarios

4.2.1 Las instalaciones y bodegas, deben cumplir con los requisitos establecidos en el Código de la Salud y sus Reglamentos; además, deben estar limpias y desinfectadas tanto interna como externamente, y estar protegidas contra el ataque de insectos y roedores.

4.2.2 En la zona de manipulación de los alimentos, las estructuras y accesorios elevados deben instalarse de manera que se evite la contaminación directa o indirecta de la panela.

4.2.3 El establecimiento debe disponer de un sistema eficaz de evacuación de efluentes y desechos, el cual deberá mantenerse en todo momento en servicio y buen estado.

4.2.4 El establecimiento debe disponer de vestuarios y retretes adecuados y convenientemente situados.

4.2.5 Los subproductos deben almacenarse de manera que se evite la contaminación de la panela.

4.2.6 Debe impedirse el ingreso de todos los animales a las áreas de producción y envasado.

4.2.7 En todo momento deben manipularse los envases de forma que se protejan tanto los envases como los cierres contra posibles daños que puedan causar defectos y contaminación de la panela.

4.2.8 Los envases conteniendo panela, deben estar almacenados sobre palets (estibas).

4.2.9 Las condiciones de almacenamiento, incluida la temperatura, deben ser tales que impidan el deterioro o la contaminación de la panela.

4.2.10 Los plaguicidas y productos afines que se utilizan para el control de plagas deben ser los permitidos por la Ley No. 073 (Registro Oficial No. 442 de 1990-05-22).

4.2.11 La comercialización de la panela debe cumplir con lo dispuesto en las resoluciones dictadas con sujeción a la Ley de Pesas y Medidas y otras disposiciones legales.

4.2.12 En la elaboración de este producto debe cumplirse con las buenas prácticas de manufactura.

4.2.13 *Protección del ambiente*

4.2.13.1 Los residuos vegetales y otros productos originados durante el proceso y clasificación deben utilizarse o eliminarse de tal manera que no contaminen el ambiente por ejemplo: energía, compost, humus, otros.

4.2.13.2 Los residuos de plaguicidas, envases que hayan contenido plaguicidas, envases de plástico no deben eliminarse directamente en el ambiente (cuerpos de agua, alcantarillas, quebradas, otras), podrán ser eliminados, por ejemplo, de acuerdo a lo establecido en la NTE INEN 2 078.

5. INSPECCIÓN Y MUESTREO

5.1 El muestreo se efectuará de acuerdo a lo que se establece en la tabla 4.

(Continúa)

TABLA 4. Plan de muestreo para la Panela Sólida

| TAMAÑO DEL LOTE UNIDADES | TAMAÑO DE LA MUESTRA | ACEPTA | RECHAZA |
|--------------------------|----------------------|--------|---------|
| Hasta 25 | 3 | 0 | 1 |
| 26 a 90 | 13 | 1 | 2 |
| 91 a 150 | 20 | 2 | 3 |
| 151 a 280 | 32 | 3 | 4 |
| 281 a 500 | 50 | 5 | 6 |
| 501 a 1 200 | 80 | 7 | 8 |
| Mayor que 1 201 | 125 | 10 | 11 |

5.2 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en esta norma, se rechaza el lote.

5.3 En caso de discrepancia se repetirán los ensayos sobre la muestra reservada para tales efectos.

5.4 Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso será motivo para rechazar definitivamente el lote.

6. ENVASADO Y EMBALADO

6.1 La panela sólida debe comercializarse en envases que aseguren la protección del producto contra la acción de agentes externos que puedan alterar sus características químicas, físicas, resistir las condiciones de manejo, transporte y almacenamiento; y que salvaguarde las cualidades higiénicas, nutricionales y organolépticas.

6.2 El material del envase debe ser de calidad alimentaria, aprobado por el FDA, inerte y no deberá liberar sustancias tóxicas ni olores o sabores desagradables.

7. ROTULADO

7.1 El rotulado del producto debe cumplir con lo establecido en la NTE INEN 1334-1 y 1334-2.

7.2 No debe contener leyendas de significado ambiguo, ni descripción de características que no puedan ser comprobadas.

Anexo 6: Fotografías de la Investigación



Figura 9. Extracción jugo de caña



Figura 10. Calentamiento del jugo.



Figura 11. Aplicación de Floculante



Figura 12. Aglomeración de Cachaza



Figura 13. Remoción de Residuos de Cachaza



Figura 14. Medición de Turbidez

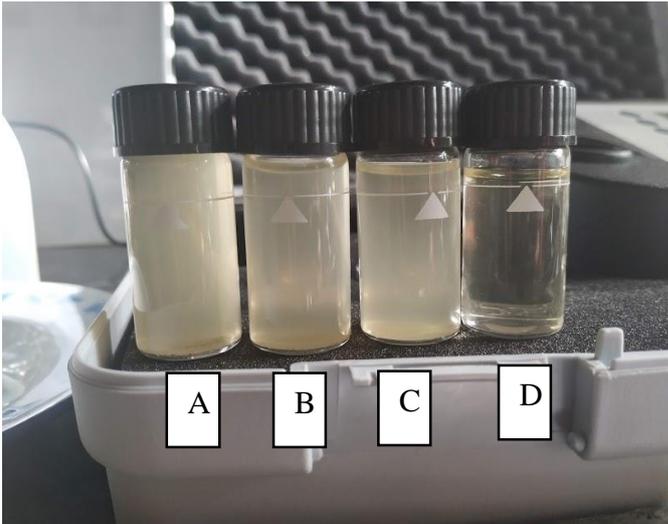


Figura 15. Celdas de muestras para análisis de turbidez, (A) jugo de caña, (B) jugo clarificado con nopal, (C) jugo clarificado con sábila, (D) jugo clarificado con Yausabara.



Figura 16. Jugo de Caña- Variedad Calaña

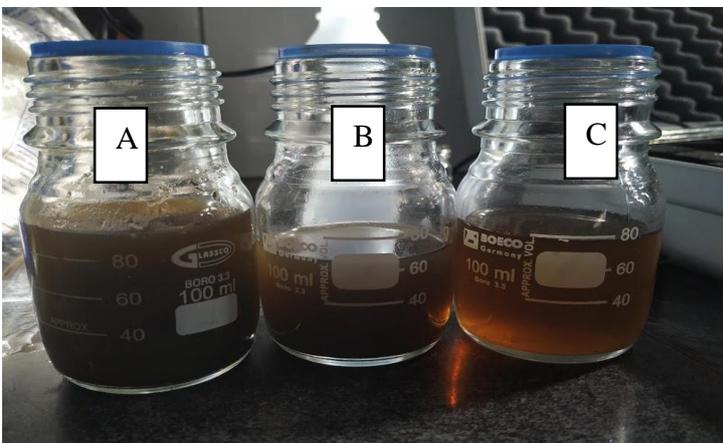


Figura 17. Jugos de Caña después del proceso de clarificación. (A) Sábila, (B) Nopal, (C) YausabaraG



Figura 18. Evaluación sensorial aplicada.