

**EFFECTO DE LA VISCOSIDAD DEL
MUCÍLAGO DE CÁSCARA DE
CACAO NACIONAL EN LA
CLARIFICACIÓN DE JUGO DE
CAÑA DE LA VARIEDAD
RAGNAR**

Ángel Oliverio Fernández Escobar
Emma Torres Navarrete
Bryan Josue Espinoza Oviedo

**EFFECTO DE LA VISCOSIDAD DEL
MUCÍLAGO DE CÁSCARA DE
CACAO NACIONAL EN LA
CLARIFICACIÓN DE JUGO DE
CAÑA DE LA VARIEDAD
RAGNAR**

**Ángel Oliverio Fernández Escobar
Emma Torres Navarrete
Bryan Josue Espinoza Oviedo**

**EFFECTO DE LA VISCOSIDAD DEL
MUCÍLAGO DE CÁSCARA DE
CACAO NACIONAL EN LA
CLARIFICACIÓN DE JUGO DE
CAÑA DE LA VARIEDAD
RAGNAR**

Título original:
EFECTO DE LA VISCOSIDAD DEL MUCÍLAGO DE CÁSCARA
DE CACAO NACIONAL EN LA CLARIFICACIÓN DE
JUGO DE CAÑA DE LA VARIEDAD RAGNAR

© Ángel Oliverio Fernández Escobar
Emma Torres Navarrete
Bryan Josue Espinoza Oviedo

2020,
Publicado por acuerdo con los autores.
© 2020, Editorial Grupo Compás
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Guayaquil-Ecuador

Grupo Compás apoya la protección del copyright, cada uno de sus textos han sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos con base en la normativa del editorial.

El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Editado en Guayaquil - Ecuador

ISBN: 978-9942-33-273-8

Cita.

Fernández. A, Torres. E, Espinoza. B. (2020) EFECTO DE LA VISCOSIDAD DEL MUCÍLAGO DE CÁSCARA DE CACAO NACIONAL EN LA CLARIFICACIÓN DE JUGO DE CAÑA DE LA VARIEDAD RAGNAR, Editorial Compás, Guayaquil Ecuador, 72 pag

Contenido

Prólogo.....	4
Introducción.....	7
Importancia o caracterización del tema.....	7
CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO	16
Bases científicas y teóricas	22
Los mucílago.....	22
Caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) y procesos de clarificación de los jugos. 25	
CAPÍTULO 2: ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	42
Experimentos realizados	42
Métodos 42	
Población y Muestra.....	47
Técnicas	47
Obtención del mucílago de cáscara de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L) nacional.47	
Determinación de la viscosidad del mucilago de cáscara de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L) nacional.	53
Adición de mucílago de cáscara de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L).....	59
Gradiente de temperatura para la acción del mucílago de cáscara de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L) nacional.	59
Retiro de la cachaza, clarificación propiamente dicha.....	60
Determinación del color espectral y saturación.....	61
CAPITULO 3: RESULTADOS Y CONCLUSIÓN	63
Análisis del proceso de obtención del mucílago de cáscara de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L) nacional.	63

Análisis del proceso de clarificación de los jugos de caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) de la variedad ragnar usando mucílago de cáscara de cacao (<i>Theobroma cacao L</i>) nacional.....	64
Discusión	64
Formas de extracción de los mucílagos.....	64
Dosis de mucílago en procesos de clarificación.....	65
Temperatura adecuada para adición de mucílagos y su gradiente de calentamiento.	66
Control de pH de los jugos de caña de azúcar.	67
Color de los jugos clarificados.	68
Conclusiones	71
BIBLIOGRAFÍA CITADA	72

Índice de Tablas

Tabla 1: Arreglo factorial a*b para la obtención del mucílago de cacao (Theobroma cacao l) nacional con 30 cp.....	46
Tabla 2: Arreglo factorial a*b para el establecimiento de los indicadores clarificación del jugo de caña de azúcar (Saccharum officinarum) de la variedad ragnar.....	46
Tabla 3: Viscosidad del mucilago de cascara de cacao (Theobroma cacao l) nacional obtenido mediante inmersión en agua a dos tiempos en cada tratamiento.....	63

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Cosecha de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L) nacional.....	48
Ilustración 2: Diagrama de bloques mostrando corrientes de entrada y salida del proceso de obtención del mucílago de cáscara de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L) nacional.	52
Ilustración 3: Viscosímetro de Ostwald.....	55
Ilustración 4: Diagrama de bloques mostrando corrientes de entrada y salida del proceso de clarificación del jugo de caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) de la variedad ragnar usando mucílago de cáscara de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L) nacional.....	62

Prólogo

La investigación para este libro se realizó en el cantón Pangua, provincia Cotopaxi. Se caracteriza por: 1) *Extraer mucílago de cáscara de cacao (Theobroma cacao L) nacional, y 2) Delimitar las variables del proceso de clarificación de los jugos de caña de azúcar (Saccharum officinarum) de la variedad ragnar y su indicador del color espectral y de saturación.*

La combinación de tratamientos en el proceso de clarificación fue necesario trabajar con un patrón de comparación. La extracción del mucílago de cascara de cacao maduro soltó el floculante de manera rápida, estableciéndose una fórmula y procedimiento de extracción. Para la evaluación estadística de los resultados de color de saturación, se realizó pruebas de normalidad según el estadístico de Shapiro-Wilk; aplicando el test de Friedman y el de Holm de comparaciones múltiples, permitieron identificar como mejor tratamiento de clarificación de jugos de caña de la variedad ragnar por eliminar adecuadamente la cachaza, la combinación a_1b_2 (25 cp * 2,25 %), y, establecer los descriptivos, así: *Color espectral 576 nm; Saturación 46,905167 %; desviación estándar 2,7548050; Mediana 46,3554 %; Varianza 7,589 y un Rango de 5,4267.*

Introducción

Importancia o caracterización del tema

La cáscara cortada del cacao (*Theobroma cacao L*) nacional, CCN-51 y otras variedades tienen la propiedad de desprender una sustancia babosa al entrar en contacto con el agua, cambiando su color y su viscosidad, denominada mucílago; este fenómeno es observado cuando se cosecha cacao en épocas lluviosas (enero a mayo) del cantón Pangua, cuyas cáscaras que quedan votadas en los huertos al ser bañados por el agua de lluvia generan un mucílago fácilmente desprendible.

Este estudio involucró dos fases experimentales:

1. **Extracción del floculante natural a partir de la cáscara de cacao nacional**, macerando las cáscaras de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional y encaminando a encontrar una técnica sencilla de extracción del mucílago vegetal, cuya solución viscosa de 30 cp. o ligeramente mayor que 30 cp. sea en el menor tiempo posible; y,
2. **Aplicación del floculante natural en el jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad Ragnar** con la finalidad de definir la viscosidad y concentración de mucílago de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional que permita actuar efectivamente en el proceso de clarificación del jugo.

La importancia radica en aprovechar el residuo de la cosecha de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional para productores del sector cacaoero; y, tributar a la mejora del proceso de clarificación de jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el sector cañicultor de la jurisdicción del cantón Pangua, con alcance de aplicación en otros sectores del país y el exterior.

Esta investigación se proyecta a ser beneficioso para dos sectores claramente definidos: **1) el cacaotero y 2) el cañicultor**; desde el punto de vista económico y social, haciendo útil un residuo de cosecha de la pepa de oro; y encaminar a la disminución de la explotación de otras especies vegetales, tal como el balsa, que para extraer mucílago se debe cortar la corteza de la planta causando la muerte del árbol; así se demuestra la relevancia de este trabajo.

El uso alternativo de soluciones viscosas a partir de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional en procesos de clarificación de jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar, abre posibilidades de investigación en una operación unitaria crítica de jugos destinados a varios derivados, como son: panela (atados, bloques o granulada), jugo natural envasado, mieles, alfeñiques y otros, dándole continuidad a la utilización de clarificadores naturales para una alimentación más sana.

Los resultados de este estudio, permitirán la diversificación del uso de soluciones viscosas en la industria panelera; y comprender que, la clarificación de los jugos se da por la coagulación de sólidos en suspensión presentes en los jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar como efecto de la acción del mucílago de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional, cuyas impurezas se aglomeran homogéneamente en la superficie de los jugos en proceso de clarificación por presentar una densidad menor, permitiendo la separación manual con el apoyo de un tamiz; a este residuo que se retira de los jugos se conoce con el nombre de cachaza.

Entre otros factores, el grado de extracción de los jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) tiene influencia en la calidad de la panela (color), mieles y alfeñiques; porcentajes de 60 a 65 % se consideran aceptables. Si supera estos valores, pueden afectar la calidad de los jugos debido al aumento de pectinas, gomas, ceras, grasas, etc. que dificultan el proceso

de clarificación y genera coloraciones indeseables en los jugos (Duran, Zapata, & García, 1992).

En el cantón Pangua no se realiza una zafra, sino, la cosecha de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es mediante entresaque o desguíe, y, del área de cultivo es transportada en acémilas hasta la unidad de producción. Seguidamente, la caña de azúcar previo una limpieza (con la ayuda de machetes) de raicillas y musgos, es molida en trapiches de tracción animal y en menor proporción los agricultores lo hacen en trapiches de acción mecánica (motor). Unos realizan prelimpieza y otros no; el jugo es trasladado a pailas de calentamiento y evaporación en la cual son limitados los agricultores que utilizan mucílago de balso para clarificar (otros no lo hacen por desconocimiento o simplemente no tienen las plantas de balso).

Para clarificar con mucílago de balso, utilizan soluciones de viscosidades desconocidas y concentraciones variables; y quienes no usan mucilagos, clarifican los jugos retirando la cachaza producida solo por el efecto del calentamiento, generando normalmente panelas de color no estandarizado. Quienes conocen del proceso de elaboración de panela, comprenden que una adecuada clarificación del jugo de caña de azúcar contribuye a la calidad sensorial del producto final, en aspectos como el color.

En Moraspungo hay cultivos de balso que son explotados cuya madera es exportada para diversos fines. Pero en el sector cañicultor existe balso que no es sembrado y cuidado con propósitos de venta maderera, sino que las plantas crecen espontáneamente en laderas y se desarrollan siempre y cuando el agricultor los permita.

Existen referencias bibliográficas donde indican que para clarificar jugos de caña se usan mucilagos vegetales como el balso, el cadillo, guácimo, yausabara, yausa entre otros.

En el contexto anterior, el estudio del efecto de mucílago de cáscara de cacao nacional en la clarificación de jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar, sirvió, para la determinación de las variables adecuadas del proceso de clarificación; y, brindar una nueva alternativa de mucilago con propiedades clarificantes al sector cañicultor. Todo esto, considerando que en la Parroquia Moraspungo se cultiva cacao (*Theobroma cacao L*) nacional, CCN-51, híbridos y otros; y que, la cáscara del cacao (*Theobroma cacao L*) no se da ningún uso en el sitio indicado.

Conociendo que nuestro país es uno de los principales productores mundiales de cacao (*Theobroma cacao L*), posee ventajas en la producción de cáscara como residuo del beneficio de sus almendras, y, las necesidades de diversificación de la obtención de mucilagos para la industria panelera ante el agotamiento de otros recursos naturales esta investigación contribuirá al desarrollo de agentes clarificantes para los jugos de caña en la industria panelera de origen natural.

En la actualidad es necesario diversificar nuestras industrias y aprovechar los residuos del sector agrícola para minimizar el impacto al medio ambiente de los mismos, además de la búsqueda de variantes productivas que disminuyan el uso incontrolado de especies vegetales sobreexplotadas.

Esta investigación contribuirá al mejoramiento de la calidad de panela, sin limitaciones materiales en este caso mucilagos vegetales al contar con un volumen considerable de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional, en zonas cercanas al sector cañicultor. Y sobre todo el aprovechamiento de los mucilagos en la elaboración de productos alimenticios.

La extracción del mucílago de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional se desarrolló en el Recinto Las Juntas perteneciente a la Parroquia Moraspungo, ubicado a una altura promedio de 290 msnm. Las mazorcas se tomaron de la finca de propiedad de la familia Fernández – Escobar.

El proceso de clarificación para delimitar sus variables de viscosidad y concentración del mucílago de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional, se hizo en la propiedad del Sr. René Paucar en el Recinto San Ramón de la Parroquia El Corazón, que está a una altura aproximada de 980 msnm.

Las parroquias citadas están dentro de la jurisdicción del cantón Pangua, provincia Cotopaxi.

La corteza del cacao (*Theobroma cacao L*) nacional al realizar cortes se oxida rápidamente, por lo que fue necesario buscar mecanismos de control de oxidación de la solución mucilaginoso; y creer que la extracción del mucílago hasta llegar a una viscosidad de 30 cp. o ligeramente mayor que 30 cp. se consigue en tiempos iguales en cualquier factor o nivel de estudio fue una hipótesis a probar. En la medición de viscosidad se usó un viscosímetro de Ostwald, y un termómetro para realizar la determinación *in situ*. Este análisis se realizó en los laboratorios de Bromatología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Mientras que para el proceso de clarificación de jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar, se llevó el mucilago de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional previamente extraído y congelado hasta el Recinto San Ramón, apoyado de dos equipos: **1) materiales:** brixómetro, pH-metro, termómetro, cocina industrial, entre otros; y **2) humano:** conformado por 4 personas para realizar las etapas de lavado de la caña, extracción, prelimpieza, calentamiento y clarificación.

Para analizar en el colorímetro, el efecto de la viscosidad del mucilago de cascara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional en la clarificación de jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar, en los tratamientos se controló que todos sean realizados en igualdad de condiciones, lo siguiente:

- ✓ La temperatura de adición del mucílago,
- ✓ La gradiente de temperatura de acción del mucílago,
- ✓ El valor de pH de los jugos de caña de la variedad de caña,
- ✓ El retiro de la cachaza sea a la misma temperatura, y
- ✓ El tiempo de toma de muestras después de haber alcanzado la ebullición de los jugos.

Los análisis de colorimetría se realizaron en los laboratorios de la escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica del Norte.

La fase experimental fue desarrollada en los meses de septiembre y octubre del año 2015; esto es, en época seca en la jurisdicción del cantón Pangua, en donde la caña de azúcar presenta su mejor contenido de °Brix. No es objetivo de esta investigación realizar un estudio comparativo del comportamiento de los jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar en las dos épocas del año (de sequía y otra lluviosa) existentes en esta jurisdicción.

La naturaleza y alcance de la estructura cambiante de la demanda Agroalimentaria ofrecen oportunidades sin precedentes para la diversificación y adición de valor en el sector agrícola, especialmente en los países en desarrollo. Las perspectivas de un crecimiento constante de la demanda de alimentos y de productos agrícolas con valor añadido constituyen un incentivo para prestar mayor atención al desarrollo de las agroindustrias en un contexto de crecimiento económico, seguridad alimentaria y estrategias para acabar con la pobreza. (Da Silva, Baker, Shepherd, Jenane, & Miranda da Cruz, 2013).

Goyes Terán (2014) menciona en su estudio “Reingeniería del proceso de clarificación del jugo de caña en el ingenio azucarero del norte IANCEM” señala que, como es importante que la precipitación sea rápida, se utilizan ayudantes de clarificación químicos conocidos genéricamente como

floculantes (polímeros sintéticos, poliacrilamidas, parcialmente hidrolizadas, de gran masa molecular ($10 - 20 \cdot 10^6$)), generalmente son aniónicas, los cuales al entrar en contacto con el jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) expanden sus cadenas poliméricas moldeando una especie de telaraña, la cual, al ir descendiendo por efecto de la gravedad, la masa mucilaginosa captura a su paso las impurezas que regularmente son catiónicas (la captura se realiza por diferencia de carga eléctrica).

Los mucílagos vegetales son extraídos y estudiados por diversos autores y con distintos fines; así, Nazareno y Padrón Pereira(2011) en el estudio de "Nuevas tecnologías desarrolladas para el aprovechamiento de las cactáceas en la elaboración de alimentos. Componentes funcionales y propiedades antioxidantes", concluyeron que, el mucílago aislado es una mezcla compleja de polisacáridos, de los cuales, menos del 50 % corresponden a polímeros semejantes a las pectinas. Adicionalmente, mediante el método Bradford no detectaron contenido de proteínas en el mucílago.

Quezada Moreno y Gallardo Aguilar (2014) exponen que la extracción del mucílago con agitación mecánica no tiene influencia en la clarificación de jugos, pero se necesita que éste sea debidamente homogeneizado. Sin embargo, la clarificación de los jugos es mejor para concentraciones altas de extractos, en la mayoría de las plantas estudiadas.

En el Ecuador existe un tipo de cacao (*Theobroma cacao L*) único en el mundo conocido con el nombre de "Nacional", el cual se lo reconoce por tener una fermentación muy corta y dar un chocolate suave de buen sabor y aroma, por lo tanto, es reconocido alrededor del mundo con la clasificación fino o de aroma. Así mismo, desde el siglo XIX era cultivado en zonas de la cuenca alta de los ríos Daule y Babahoyo, los cuales forman el Río Guayas y era trasladado hasta el puerto de Guayaquil para la exportación, razón por la cual se le dio el nombre de "cacao arriba". (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) y

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), 2010)

Los cultivadores de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional de la zona baja del cantón Pangua, no le dan ningún uso alternativo a la cáscara del cacao que es considerado desecho. Esta investigación se plantea usar floculante natural obtenido a partir de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional para procesos de clarificación de jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar cultivados en el cantón Pangua; y que, bien puede difundirse a nivel nacional e internacional.

En nuestro país la corteza de cascara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional no es aprovechado, pudiéndose utilizar para la extracción de mucilago útil en la clarificación de jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la agroindustria panelera; encaminándose a la utilización de desechos de la agricultura y reemplazando especies vegetales que son explotadas actualmente.

Los floculantes, ya sea de origen químico o natural se emplean para aumentar la aglomeración de los flóculos, incrementar la velocidad de sedimentación, compactación y reducción del volumen de cachaza; mejorando la claridad (turbiedad) del jugo clarificado.

Además, Ecuador es un país productor y consumidor de panela por su demanda en el mercado nacional y también se exporta este edulcorante a países como España, Italia y Alemania.

Existe la alternativa de reemplazar los mucílagos vegetales por compuestos químicos que realizan la misma función, pero en las investigaciones realizadas hasta el momento por el CIMPA no han mejorado los resultados obtenidos con los mucílagos naturales, y en algunos de los casos presentan residuales. De los polímeros se han evaluado las poliacrilamidas aniónicas,

catiónicas y no iónicas. Es por ello que para la solución de las dificultades es necesario la búsqueda de mucilagos vegetales que permitan la clarificación.

En esta investigación se estableció un procedimiento de obtención de una solución viscosa, considerando la masa de cáscara de cacao nacional, el volumen de agua a utilizar y el tiempo de sumergido de las cáscaras, entre otros; mismo que será de utilidad para la aplicación práctica en el proceso de clarificación de los jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar.

Seguidamente se delimitó las variables del proceso de clarificación de jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar, mayormente usada en la elaboración de panela en el cantón Pangua. El fin es mejorar las condiciones higiénicas e inocuidad de un edulcorante usado por varios estratos sociales del Ecuador y el mundo.

Usar un floculante natural no empleado en el sector cañicultor de Pangua y su entorno, ofertando un procedimiento de obtención sencillo del mucílago de cacao y una aplicación fácil de experimentar en la clarificación de los jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

Inducir a los cañicultores de Pangua a no quitar la corteza de los árboles de balsa para la obtención del mucílago usado en la clarificación de los jugos de caña de azúcar; esto debido a que, al segmentar la corteza del balsa se encamina a la muerte de la planta.

CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO

En la clarificación de jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) se han presentado diferentes alternativas de mucilagos basados en los parámetros que determinan la eficiencia de esta operación unitaria, en los cuales debe ajustarse valores de pH, temperatura de calentamiento de los jugos, velocidad de calentamiento de los jugos una vez añadido los mucílagos, viscosidad y porcentaje de adición de flocculantes naturales, temperatura de retiro de la cachaza negra.

Al término de los referentes bibliográficos, se comienza a revisar los estudios realizados en torno a la variedad de caña elegida en esta investigación, así:

Collaguazo Manotoa y Játiva Gavilanes (2007), en su estudio "Construcción de un prototipo mecánico de batido para mejorar el proceso de producción de panela granulada artesanal" propuesto en la EPN en Quito – Ecuador, señalaron que, la variedad de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) ragnar es la más cultivada en todo el país, y en la provincia Cotopaxi es la que se destina a la producción de panela, donde en ocasiones tiene ciclos largos de cultivo de hasta 20 años, reporta valores de rendimiento superiores a otras variedades y aunque su ciclo de producción inicial es más largo siendo de 2 y hasta 3 años es la variedad más idónea para panelas.

Castillo et Al (2013) en su estudio de "Nueva variedad de caña de azúcar para la costa Ecuatoriana" señalaron que, la variedad de caña ragnar aportó datos de rendimiento y producción como estos: 104.5 toneladas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) por hectárea, 120 rendimiento de azúcar por tonelada de caña y 12.5 toneladas de azúcar por hectárea, dándole valores superiores a otras variedades regionales y también en explotación, lo que nos demuestra sus potencialidades en el sector productivo panelero, solamente es superada por EC-03.

Toala Bayas et Al (2013) en el análisis del “Comportamiento de las variedades comerciales y en desarrollo en el ingenio La Troncal”, trabajo realizado en el ciclo 2011 – 2012, en seis localidades del ingenio La Troncal, compararon 10 variedades con tres repeticiones, y la que presenta mejor promedio de producción entre nueve variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en diferentes tipos de suelos del Ingenio La Troncal en el 2012 fue: Ragnar, superando a: C86-12, EC-02, PR 10-59, C1051-73, ECU-01, C87-51, CC85-92, C132-81 y mostrando su adaptabilidad a gran diversidad de suelos y climas.

Seguidamente se revisa brevemente a la materia prima elegida para extraer el mucílago que se usa en este estudio, que es el cacao (*Theobroma cacao L*) nacional, sobre todo con el fin de resaltar, que la provincia de Cotopaxi siendo considerada territorio de la serranía ecuatoriana, cultiva cacao en sus estribaciones.

El Instituto de Promoción de Exportación e Inversiones (PROECUADOR) (2011) en su “Análisis Sectorial de Cacao y Elaborados” señalan que, el cacao es conocido en el Ecuador como la “pepa de oro”, que dominó por varios siglos la generación de divisas para el país, antes de la era del petróleo, dando lugar al apareamiento de los primeros capitales y desarrollando sectores importantes como la banca, industria y el comercio. Su importancia en la economía radica en que el cacao, en el 2010, fue el quinto producto más exportado por el Ecuador, dentro de las exportaciones no petroleras, después del banano, pescados y crustáceos; preparaciones de: carne, pescado o de crustáceos o moluscos acuáticos (conservas de pescado) y flores. La región que concentra la mayor superficie cosechada de cacao es la Costa, que en el 2009 registro el 80% de la superficie total a nivel nacional. Las provincias que cuentan con una mayor superficie cosechada de cacao son Manabí, Los Ríos y Guayas, también tiene una participación Esmeraldas, el Nororiente, El Oro. Las principales provincias de

la región Sierra que en menor participación cultivan cacao (*Theobroma cacao L*) son Cotopaxi, Bolívar, Cañar.

Abarca et Al (2010) en el estudio “Residuos de Café, Cacao y Cladodio de Tuna: Fuentes Promisorias de Fibra Dietaría” realizado en el Centro de Transferencia de Tecnología e Investigación Agroindustrial de la Universidad Técnica Particular de Loja, citaron que, el mucílago de cacao (*Theobroma cacao L*) presenta una alta cantidad de fibra soluble de más de 80% de su contenido total de fibra dietética, seguido de la cascarilla de cacao, pulpa de café, pulpa y residuo de extracción de gel de ambas variedades con valores entre 15 a 31% de su contenido total de fibra dietética.

A continuación, se revisa estudios de plantas proveedoras de mucílago, el proceso de clarificación que comprende un sistema de varias etapas, estas son las referencias:

Vásquez Restrepo, Gutiérrez Uribe y Álvarez González (2006) en el estudio “Propagación por Estacas Juveniles del Balso Blanco (*Heliocarpus Americanus* L. Sin. *H. Popayanensis*) utilizando Propagadores de Sub-irrigación” resumieron que, el mercado mundial de edulcorantes orgánicos es una oportunidad para la panela, producto básico de la canasta familiar que representa ingresos para la población rural de Colombia. El balso blanco (*Heliocarpus americanus* L. Sin. *H. popayanensis* Hook & Arn.) Es la especie más usada en procesos de clarificación de la panela en Antioquia y las zonas cañeras colombianas. Pero la extracción de la corteza de árboles obtenidos de la regeneración natural comienza a ser insostenible, por el daño causado a las personas y la presión sobre este recurso. La prohibición del uso de sustancias químicas en procesos de clarificación de jugos de caña de azúcar para panela ha aumentado la demanda de la corteza del balso blanco.

La instalación del pre limpiador resulta muy adecuada a la salida del jugo del molino. Collaguazo Manotoa y Játiva González (2007) en su estudio

“Construcción de un prototipo mecánico de batido para mejorar el proceso de producción de panela granulada artesanal” publicado en Quito – Ecuador, indicaron que, el uso de pre-limpiadores alcanza una retención de hasta el 90 por ciento de las impurezas.

Salager Jean y Forgiarini de Guedez, (2007) en la publicación “Fundamentos de Flotación” realizada en la Universidad de los Andes, Venezuela, señala que, la clarificación tiene lugar gracias a la flotación, puesto que es imposible realizar mediante sedimentación, ya que, en las pailas recibidora y clarificadora de la hornilla panelera, el jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) se encuentra en ebullición. Así, algunos sólidos coloidales y colorantes, dispersos en los jugos, se aglutinan por efecto del calor en pequeñas masas llamados "flóculos", lo que permite eliminar a través de métodos físicos. El calentamiento acelera la formación de partículas de tamaños mayores y densidades inferiores a la del jugo e incrementa su velocidad de movimiento, lo que facilita su aglutinación y separación.

Caicedo Velasco y Saa Rivera (2011) en su estudio “Estandarización de una fórmula de aglutinante natural extraído de la planta de cadillo (*triumfetta láppulal*) para emplearse como clarificante en la producción de panela” realizado en la Universidad de San Buenaventura, citaron que, la clarificación mediante cortezas se suele realizar de dos maneras diferentes: La corteza clarificante se sumerge directamente, operación que comienza cuando los jugos alcanzan temperaturas entre 60 °C y 70 °C (así se realiza en la mayor parte de las regiones paneleras de nuestro país). O se añade a los jugos una solución clarificante, la misma que se prepara sumergiendo la corteza en agua caliente (o mejor en jugo clarificado) hasta obtener un líquido viscoso.

Salager Jean y Forgiarini de Guedez, (2007) en la publicación “Fundamentos de Flotación” realizada en la Universidad de los Andes, Venezuela. Señalaron que, el desarrollo de nuevas presentaciones y el mejoramiento

de la calidad del producto final, han sido relevantes en las etapas de clarificación y punteo de los jugos. En la clarificación se han empleado técnicas como floculación, flotación y calentamiento y productos químicos como el hidrosulfito de sodio y colorantes textiles como anilinas, a fin de obtener una panela de mejor apariencia.

Las plantas más utilizadas para la clarificación de los jugos son el balso (*Heliocarpus americanus* L.), el cadillo negro (*Triumfetta lappula* L.), el cadillo blanco (*Triumfetta mollisima* L.), el guásimo (*Guazuma ulmifolia* Lam), el cadillo de mula (*Pavonia spinifex* Cav), el juan blanco (*Hemistylis macrostachis* Wedd) y el san joaquín (*Malvaviscus penduliflorus* Oc) estos mucílagos tienen un gran poder floculante y permiten el aglutinamiento de las impurezas facilitando y mejorando el proceso de limpieza de los jugos.

Caicedo Velasco y Saa Rivera (2011) en su estudio “Estandarización de una fórmula de aglutinante natural extraído de la planta de cadillo (*Triumfetta lappula*) para emplearse como clarificante en la producción de panela” realizado en la Universidad de San Buenaventura, exponen que, tradicionalmente en el proceso de producción de panela se emplea mucílagos de algunas plantas anteriormente nombradas; en los últimos años también se ha recurrido al uso de polímeros químicos propios del proceso azucarero.

Osorio (2007) señala que, la fase de clarificación 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 de azúcar (*Saccharum officinarum*). La limpieza de los jugos ocurre por la acción combinada del calentamiento suministrado a la hornilla y el aglutinante de ciertos compuestos naturales permitidos dentro de las BPM como los cadillos, el balso, el guácimo, juan blanco, san joaquín, entre otros. Al macerar las cortezas de algunos árboles y arbustos, como el balso, el guácimo y el cadillo, se obtiene un mucílago que contiene polímeros

celulósicos con propiedades aglutinantes. Los sólidos en suspensión se unen entre sí y forman una masa homogénea que se conoce como cachaza, la cual flota sobre el jugo y permite separar manualmente.

Quezada Moreno y Gallardo Aguilar (2014) en su estudio "Obtención de Extractos de Plantas Mucilaginosas para la Clarificación de Jugos de Caña" concluyeron que, otras plantas como abrojo, cucarda, falso Joaquín, como arbustos y otras como malva blanca y rosada y especialmente la malva silvestre, uyanguilla y nieve consideradas como malas hierbas no han sido empleadas, ni estudiadas y se hace necesario continuar el estudio de la clarificación, empleando los mucílagos con mejores resultados, para otras condiciones de operación en la clarificación. En el análisis de dicha referencia se puede apreciar los resultados de la densidad y la viscosidad en los macerados de las diversas plantas, y valores de turbidez medida al jugo clarificados con los extractos de estos mucílagos pudiéndose mostrar valores similares de otras plantas diferentes a las tradicionales para estos fines, como el falso Joaquín y con el uso de agitación.

Así mismo, estos autores explican que la extracción del mucílago con agitación mecánica no tiene influencia en la clarificación, pero se necesita que éste tenga un buen mezclado. Sin embargo, el comportamiento de la clarificación en jugos es mejor para concentraciones altas de extractos, en la mayoría de las plantas estudiadas.

Matute et Al (2012) en la "Determinación de la Concentración Óptima de Floculante a usar en la Clarificación de Jugos de Caña en una Central Azucarera" citan que, las concentraciones óptimas de floculantes pueden determinarse mediante una serie de técnicas, incluyendo los estudios de velocidad, volumen de sedimentación y transparencia del jugo clarificado.

Cuéllar y Guerrero (2012) en el informe "Actividad antibacteriana de la cáscara de cacao, *Theobroma cacao L*" reportan estudios respecto a la cáscara de cacao que es el principal desecho de esta industria, se han

desarrollado investigaciones donde se utiliza para la alimentación de porcinos y gallos; como fuente comercial de pectinas; en la obtención de espumas de poliuretano para uso hortícola y algunos hacen referencia a la actividad antibacteriana de extractos de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) frente a *Streptococcus mutans*.

Bases científicas y teóricas

Los mucílagos

El mucílago es un producto orgánico de origen vegetal, de peso molecular elevado superior a 200000 g/g-mol, cuya estructura molecular completa es desconocida. Están conformados por polisacáridos celulósicos que contienen el mismo número de azúcares que las gomas y pectinas (Duran, Zapata, & García, 1992)

El mucílago es una sustancia compleja cuya reacción puede ser ácida o neutra y su función es diversa, dependiendo de la planta donde proviene. Están formados por polisacáridos celulósicos con igual número de azúcares que las gomas y pectinas, por lo que tienden a confundirse con estas, diferenciándose solo en sus propiedades físicas. Los mucílagos en agua producen coloides poco viscosos que presentan actividad óptica. La coagulación con mucílagos genera una serie de reacciones físicas y químicas entre el coagulante y el jugo que desestabilizan las fuerzas de interacción entre las partículas produciendo el arrastre de las mismas hacia la superficie de los jugos con el mucílago (Pacheco, Mendoza Mociño, Silva Puente, & Granados, 2003); (Pérez Echeverry, 2004).

El mucílago es producido en células secretoras especializadas, las cuales, pueden encontrarse en hojas, tallos, raíces y semillas; su presencia o ausencia, así como su función en cualquier estructura, depende de la adaptación e incluso de la supervivencia de cada especie en particular (Pacheco, Mendoza Mociño, Silva Puente, & Granados, 2003).

Las plantas mucilaginosas las más empleadas en general en la industria panelera han sido el balso, guácimo y cadillo (Duran, Zapata, & García, 1992); (Prada, 2002), ya que estos tienen un gran poder floculante y permiten el aglutinamiento de las impurezas facilitando y mejorando el proceso de limpieza de los jugos (Duran, Zapata, & García, 1992).

Prada (2002) señaló que, la desventaja de este tipo de floculantes radica en su corta vida útil, por lo cual se recomienda que la solución del aglutinante deba prepararse con un máximo de seis horas para evitar el deterioro generado por el ataque de microorganismos que se desarrollan fácilmente en condiciones de humedad y temperatura ambiente. Es por esto que los trapiches paneleros se trata de conseguir, en lo posible, la cantidad de corteza necesaria para la molienda, la cual es mezclada con aguas no tratadas, ocasionando pérdidas significativas en el manejo del floculante, dada la baja estabilidad estructural de este durante el tiempo de almacenamiento.

Acorde a Osori (2007) 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.

Características de algunas plantas Mucilaginosas.

Los mucílagos forman soluciones no tóxicas, que no tienen olor, color, ni sabor y es añadida al jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) como coadyuvante de clarificación sin que se alteren sus características organolépticas.

Ya sea de la corteza, tallo, raíz, hojas o el fruto dependiendo si es balso, cadillo o guácimo tienen la propiedad de desprender una sustancia babosa al contacto con el agua, cambiando su color y su viscosidad,

denominada mucílago. Los mucílagos producen coloides muy poco viscosos, que presentan actividad óptica y pueden ser hidrolizados y fermentados.

A continuación, se cita sus características botánicas del balso, cadillo y guácimo (Duran, Zapata, & García, 1992):

Balso: Es un árbol muy común en los climas semicálidos y templados del país. Esta planta es del orden de las Malvales, de la familia Sterculiaceae, sus nombres científicos son *Ochróma lagópus sw*, *Ochróma obtúsa Rowles* y *Tomentosa*, *Heliocarpus popayanensis*. Se conoce vulgarmente en nuestro país como palo de balsa o boyá. Los balsos suelen ser troncos lisos, tener ramificaciones en sombrillas, hojas grandes, lobadas, palminervias, secas en color ladrillo.

El Cadillo: Pertenece a la familia de las Tiliáceas (*Triumfétta láppula L.*) es conocida vulgarmente como pega-pega, el mucílago se encuentra en el tallo y las hojas.

El Guácimo: cuyo nombre científico es *Guázuma Ulmifolia Lamark*, es un árbol frecuente de las llanuras cálidas colombianas por debajo de los 1.200 metros sobre el nivel del mar.

Caicedo Velasco y Saa Rivera (2011) exponen que tradicionalmente en el proceso de producción de panela se emplea mucílagos de algunas plantas anteriormente nombradas; en los últimos años también se ha recurrido al uso de polímeros químicos propios del proceso azucarero.

Extracción de los Mucílagos.

La corteza de las plantas proveedoras del mucílago, una vez que han sido retiradas del árbol, se maceran o machacan con un mazo con el fin de aumentar la extracción del mucílago. Preparada la corteza se deposita en un recipiente con agua y se deja hasta que se forme una baba gelatinosa

o; se hace un manojo que desprende el mucílago directamente en el jugo en la paila clarificadora (Duran, Zapata, & García, 1992).

Caña de azúcar (Saccharum officinarum) y procesos de clarificación de los jugos.

Caña de azúcar (Saccharum officinarum).

Es necesario conocer la composición química promedio de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

Analizando el anexo 1, la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) está constituida principalmente por agua, fibra y sólidos solubles (azúcares especialmente). Tiene otros compuestos, que por las cantidades en que aparecen se consideran elementos menores. Tal es el caso de los minerales, proteínas, ceras, grasas y ácidos que pueden estar en forma libre o combinada.

Varietades de caña de azúcar (Saccharum officinarum) cultivadas en el cantón Pangua

Las variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) cultivadas en el cantón Pangua y usadas para producir aguardiente, panela y/o alfeñiques, son:

- **Ragnar**
- **POJ-2878**

Siendo la variedad Ragnar que en mayor proporción se cultiva.

Los cañicultores Panguenses, a la variedad de caña Ragnar conocen con el nombre de "cunchivina", mientras a la POJ-2878 lo identifican como la variedad "piojota" o simplemente "cubana".

No usan controles químicos de malezas y plagas, no se fertiliza la tierra y por ende es una de las causas de los bajos rendimientos que se registran en la

zona en comparación a rendimientos reportados en otros estudios, pero que constituye una gran ventaja al ser un producto cien por ciento orgánico.

Gran parte de los agricultores tienen sus cultivos de caña ubicadas en terrenos con pendientes muy agudas, y unido a esto el desconocimiento de las técnicas de siembra en dichos terrenos, lo que acarrea como consecuencia la erosión del suelo principalmente en la época de lluvias como son en los meses de diciembre a mayo; complementándose que su densidad de siembra es muy baja.

Generalmente en el cantón Pangua, la densidad de siembra de plantas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es variable que va entre 1.850 y 2.700 plantas por hectárea, con un promedio ponderado de 2.300 plantas por hectárea (Fernandez Escobar & Anda Torres, 1998).

Periodo vegetativo y el punto de madurez de caña de azúcar (Saccharum officinarum).

La elaboración de la panela se inicia con el corte de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) el cual se realiza cuando ésta alcanza su madurez. El periodo vegetativo o tiempo que demora la caña para madurar, desde cuando fue sembrada o entre corte y corte, depende de la variedad, las condiciones climáticas y principalmente de la altura sobre el nivel del mar (Gordillo & Garcia, 1992).

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el cantón Pangua se cultiva desde aproximadamente los 600 hasta los 1.800 m.s.n.m. y, su periodo vegetativo varía entre los 15 y los 36 meses. El periodo vegetativo menor se registra en las zonas bajas y el mayor en las zonas altas.

Fernandez Escobar y Anda Torres (1998), reporta que los mejores jarabes o con más elevados grados brix que tiene la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) cultivada en este cantón se obtienen desde los 1.250 m.s.n.m.

en adelante, alcanzando valores de 24 grados brix en las zonas más altas. Lo cual hace que los rendimientos y calidad de la panela sean variados dentro de la jurisdicción de Pangua.

Gordillo y García (1992) señalan que los métodos técnicos para determinar el punto de madurez se basan en el establecimiento de la uniformidad de la concentración de los sólidos solubles o brix, a lo largo del tallo, o mediante la determinación del contenido de humedad en ciertos puntos específicos del tallo.

La sacarosa se sintetiza en la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de abajo hacia arriba y su contenido aumenta con el tiempo hasta alcanzar su óptimo de madurez. Una vez madura se inicia la inversión de la sacarosa a glucosa y fructosa (azúcares reductores).

Con el fin de determinar los índices de madurez con la cual se corta la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), para la producción de panela en Pangua; se ha establecido el siguiente procedimiento: se toman muestras de jugo del sexto o séptimo entrenudo del tercio superior y realiza la lectura respectiva de los grados brix mediante el uso de un refractómetro de campo cuya lectura se denomina grado brix terminal, y, de la misma forma se determina los grados brix del sexto o séptimo entrenudo del tercio inferior al que se denomina grado brix basal.

Con los valores determinados en el brixómetro se establece la siguiente relación que determina el índice de madurez de la caña:

$$I.M = \frac{^{\circ}B_t}{^{\circ}B_b}$$

Siendo: I.M: índice de madurez

$^{\circ}B_t$: grados brix terminal

$^{\circ}B_b$: grados brix basal

Duran et Al (1992) establecieron las relaciones que permiten diferenciar entre lo que es caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) inmadura, madura y sobre madura, así:

$$0,95 < I.M < 1,0 \quad \text{madura}$$

$$I.M > 1,0 \quad \text{sobre madura}$$

$$I.M < 0,95 \quad \text{inmadura}$$

Sin embargo, la madurez de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) se puede determinar fijando previamente la edad de corte y cuando llegue la fecha, se procede a la cosecha sin considerar ningún otro factor. Otra forma de determinar la madurez es cuando los entrenudos se acortan a una determinada altura.

Fernandez Escobar y Anda Torres (1998) Manifiestan que, entre paneleros Panguenses que tienen un ritmo normal de trabajo, es decir que no descansan en determinados meses del año, es frecuente encontrar que trabajan con índices de madurez de la caña que va del orden de 0,87 a 0,98. Mientras que la variación general es de 0,85 a 1,09. También reportan datos de °Brix determinados en poblaciones rurales que corresponden a:

San Ramón: 18,02 °Brix

Tablería: 18,48 °Brix

Pucará: 19,42 °Brix

Corte de la caña de azúcar (Saccharum officinarum).

En el sitio llevado a cabo la investigación, existe la modalidad de entresaque o desguíe, éste se realiza dos o tres veces al año por lote (una cuadra), extrayendo los tallos que aparentemente han alcanzado la madurez (Fernandez Escobar & Anda Torres, 1998).

Molienda de la caña de azúcar (Saccharum officinarum).

Fernandez Escobar y Anda Torres (1998) Antes de la extracción del jugo, los paneleros tienen que partir longitudinalmente la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en dos o cuatro partes dependiendo del grosor de la misma. Lo anterior se explica, porque aún los paneleros tienen sistemas de tracción animal en molinos verticales y de acuerdo con la clase de animal empleado y el estado de estos, la capacidad real varía entre 100 y 150 Kg/h y un rendimiento en jugo que va del orden de 50 a 59 por ciento con un promedio ponderado del 55 por ciento.

Previo a la extracción del jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) se separa los entrenudos que presentan índices de fermentación y/o ataques marcados de insectos minadores o barrenadores. Esta operación, representa un promedio de pérdidas del 2,5 por ciento de caña.

El nivel de extracción aceptable y que genera una buena rentabilidad económica es del 60 por ciento. Porcentajes superiores a 65 por ciento pueden afectar la calidad de los jugos debido al aumento de pectinas, gomas, ceras, grasas, etc. que dificultan el proceso de clarificación y genera coloraciones indeseables en los jugos.

El nivel de extracción en peso combinado con los grados brix de los jugos afecta directamente sobre la cantidad de panela producida.

Para la misma extracción en peso la variación de un grado brix del jugo puede originar cambios entre 4 a 7 Kg de panela por tonelada de caña. De la misma manera para jugos con igual grado brix, la cantidad de jugo cambia en 10 Kg por tonelada de caña por punto de extracción, lo cual origina una variación entre 1,8 y 2,4 Kg por cada punto que se cambie la extracción en peso (Duran, Zapata, & García, 1992).

El zumo (jugo) de fruta puede obtenerse, p. ej., exprimiendo directamente el jugo mediante procedimientos de extracción mecánica (INEN, Aditivos

Alimentarios permitidos para consumo Humano. Listas positivas. Requisitos., 2012); La extracción del jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) no es más que el paso del tallo a través del molino, obteniéndose un jugo o guarapo crudo como producto principal y bagazo húmedo (verde) usado como combustible para la hornilla (Duran, Zapata, & García, 1992).

Jugo sin clarificar

Es el obtenido directamente del molino y trae gran cantidad de impurezas como bagacillo, hojas, tierra y otras disueltas.

Físico – químicamente es una disolución compuesto de agua, azúcares y por materiales en todos los tamaños, desde partículas gruesas hasta iones coloidales. El material grueso constituye principalmente en tierra, partículas de cera, que se pueden separar con el uso de pre limpiadores diseñados por el CIMPA (Duran, Zapata, & García, 1992).

El jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) no muestra una comercialización masiva ya que no existen proyectos para su industrialización, para lo cual se ve necesaria la implantación de una técnica adecuada de clarificación para mejorar las características físicas primordiales tales como: brillo, transparencia, uniformidad, etc., siendo esto un resultado que apoyara la industrialización del jugo y facilitará la comercialización de esta bebida tan particular; además beneficiará a los pequeños productores de este producto y mejorar sus ingresos. (Villarreal M & Ortiz, 2006)

Preservación de los jugos de caña de azúcar (Saccharum officinarum).

Aunque se asocian a los tiempos modernos, los aditivos alimentarios llevan siglos utilizándose. La preservación de los alimentos es una vieja necesidad y se ha usado durante mucho tiempo, la sal y el salitre se empleaban para mantener la carne fresca, y las verduras se conservaban en vinagre. Los aditivos incluyen un pequeño grupo de compuestos inorgánicos (nitritos, sulfitos, ácido fosfórico, metabisulfitos).

En España se consideran legalmente como aditivos a aquellas sustancias **“añadidas intencionadamente a los alimentos para mejorar sus propiedades físicas, sabor, conservación, etc.”**, pero no a aquellas añadidas con el objetivo de aumentar su valor nutritivo.

Uno de los conservantes más utilizados es el dióxido de sulfuro, de origen mineral, que se añade a la cerveza, el vino, jugos de fruta, mermeladas y vegetales secos y enlatados (Memorias de actualización de conocimientos de la maestría "Zumos Tropicales", 2016)

Sulfito de hidrógeno de sodio (IUPAC) o bisulfito del sodio es un compuesto químico con fórmula NaHSO_3 , de masa molecular 104,06 g/mol, aspecto sólido, densidad 1,48 g/mL, punto de fusión 150 °C y solubilidad en agua de 42 g/100 mL (a 25 °C). Este aditivo tiene denominación y número E222. El dióxido de sulfuro mata a las levaduras, a los hongos, y a las bacterias en el jugo de uva antes de la fermentación. Se agrega más adelante al vino en botella para prevenir la oxidación (que hace el vinagre), y para proteger el color del vino contra la oxidación, que causa broncear (Freile Vega, 2011).

Los jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) una vez extraídos, son muy susceptibles de deterioro principalmente por la acción de levaduras que fermentan los azúcares produciendo alcohol, por lo que es necesario preservar.

(INEN, Aditivos Alimentarios permitidos para consumo Humano. Listas positivas. Requisitos., 2012) El E222 no esta restringido su uso en la clase funcional de antioxidante y sustancia conservadora, con 50 ppm como SO₂ residual y sujeto a las leyes del pais importador.

Proceso de clarificación de los jugos de caña de azúcar (Saccharum officinarum).

El nombre de clarificación se da al proceso mediante el cual se eliminan los sólidos en suspensión, las sustancias coloidales y los colorantes presentes en el jugo original de la caña. (Villarroel M & Ortiz, 2006)

Las impurezas contenidas en los jugos sin clarificar es necesario separar en las etapas de:

1. *Pre limpieza,*
2. *Calentamiento de los jugos.*
3. *Adición del auxiliar de clarificación, y*
4. *Clarificación (separación de la cachaza)*

Pre-limpieza de los jugos de caña de azúcar (Saccharum officinarum).

Según CIMPA (1992) la pre-limpieza consiste en eliminar por medios físicos y a temperatura ambiente el material grueso que sale del molino junto al jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Este material consiste principalmente en tierra, partículas de bagazo y cera.

Fernández Escobar y Anda Tores (1998) En los trapiches de Pangua tienen como sistema de pre-limpieza una tina recibidora del jugo, ésta elimina muy pocas impurezas, favorecen la degradación microbiana causando pérdidas de sacarosa por inversión, las cuales traen como consecuencia la disminución de la calidad y el rendimiento de la panela.

En la actualidad (año 2016) pocos cañicultores Panguenses han instalado un solo prelimpiador.

Con este fin CIMPA ha diseñado implementos denominados pre limpiadores y retiene impurezas entre 70 – 90 % (CIMPA, Avances en el Cultivo de Caña y Elaboración de Panela, 1988). Las dimensiones varían de acuerdo con la capacidad del molino (Duran, Zapata, & García, 1992).

Paz (1992) demuestra experimentalmente que se retiene el 70,4% de las impurezas con el uso de un solo prelimpiador, que tiene un área transversal de 0,0375 m² de flujo rápido (caudales de flujo rápido 120 a 300 m³/m²día), con un caudal máximo de 4,94 m³/día., lo que da una razón de 131,75 m³/m²día.

Su función se basa en la separación del material extraño del jugo por la diferencia de densidad existente entre las impurezas y el mismo.

Los pre limpiadores trabajan así: los jugos llegan del molino al prelimpiador 1 y las impurezas gruesas y pesadas se separan rápidamente del jugo, el cual pasa por debajo de una tabla retenedora de impurezas flotantes para dirigirse al prelimpiador 2, este tiene tablas o láminas retenedoras para las impurezas flotantes y para las pesadas que van por el fondo arrastradas por el jugo (Duran, Zapata, & García, 1992). Alcanzando una retención de hasta el 90 por ciento de las impurezas.

Pérez (2004) afirma que este proceso se hace de forma mecánica en tanques diseñados para retirar los sólidos de gran tamaño e impurezas del jugo de la caña, también se pasa por filtros o mallas con agujeros del tamaño adecuado para retener estas partículas grandes de los jugos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). En los lodos existen agentes colorantes que se activan con el calor, por lo que es conveniente separarlos cuando los jugos están fríos, antes de iniciar el calentamiento y cocción de estos. Lo anterior se puede hacer aprovechando la diferencia de peso específico de las diferentes partículas, utilizando decantadores o sedimentadores.

Por otra parte Sandoval (1996) manifiesta que, las partículas grandes de impurezas son sedimentadas en el prelimpiador y retiradas de forma manual, esta separación evita que las sustancias precursoras del color se liberen por efecto del calor y disminuya la cantidad de incrustaciones sólidas de las pailas, aumentando su vida útil y la tasa de transferencia de calor.

La instalación del prelimpiador resulta muy adecuada a la salida del jugo del molino.

Calentamiento de los jugos de caña de azúcar (Saccharum officinarum).

Esta segunda fase del proceso de limpieza de los jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) ocurre gracias a la aplicación del calor suministrado por la hornilla durante cierto tiempo, en combinación con la acción de algunos compuestos: las sustancias coagulantes y clarificantes (Duran, Zapata, & García, 1992).

Adición del auxiliar de clarificación.

Montenegro (1983) la adición de floculantes naturales a las suspensiones acuosas contribuye al agrandamiento de los flóculos existentes de 10 a 100 veces su tamaño inicial.

Es importante anotar que el exceso de mucílago es perjudicial, pues en la fase de batido la panela presentará problemas con el grano al tener una consistencia blanda y babosa.

Además este autor (1983), agrega que en los jugos de caña de azúcar existen algunas sustancias poli fenólicas y nitrogenadas que no pueden ser eliminadas sólo por la etapa de calentamiento, por tanto se hace necesario la adición de agentes clarificantes los mucílagos.

La clarificación es el procedimiento mediante el cual se preparan y limpian los jugos que ingresan a la hornilla para su evaporación y transformación en

dulce. Es una de las etapas más importantes del proceso general pues es determinante para la buena calidad del producto final. La separación de las impurezas se realiza mediante el aglutinamiento de estas en una sustancia sobrenadante conocida como cachaza, la cual se forma por el efecto combinado de tiempo, temperatura y la acción de mucílagos vegetales, siendo retirada luego en forma manual mediante el uso de remellones.

Por otra parte, Pérez (2004) expone que en la clarificación parte de las sustancias precursoras y generadoras de color e impurezas en el producto final, permanecen en solución, sin poder ser removidas en la pre limpieza debido a su tamaño y requieren la adición de otras sustancias que permitan su eliminación manual. El jugo precalentado se pasa a la paila clarificadora donde se adiciona un agente clarificante para aumentar la coagulación de las impurezas presentes en el jugo.

En la agroindustria panelera, la clarificación de los jugos se hace mediante la floculación y aglutinación de las impurezas, gracias a un efecto combinado de temperatura, tiempo y acción de los agentes clarificantes (mucílagos vegetales). Los mucílagos son sustancias viscosas extraídas de los tallos, hojas, frutos y raíces macerados de algunas especies, que al entrar en contacto con el agua o el jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), más la acción del calor, eliminan los sólidos en suspensión, las sustancias coloidales y algunos compuestos colorantes presentes en el jugo; luego se forma la cachaza, la cual se separa del jugo limpio por métodos físicos.

Si bien los más empleados en la industria panelera son el balso, el guácimo y el cadillo, en los cuales la glucosa forma parte de su estructura básica, existen otras plantas o productos vegetales de uso no tan generalizado como la "escoba babosa", el "Juan Blanco" o la corteza del fruto del cacao (*Theobroma cacao L.*). El uso de cortezas vegetales depende de la disponibilidad y costumbres de cada zona panelera. Por ejemplo, en el

Valle del Cauca y Risaralda, para remover la "cachaza negra" es decir, el primer sobrenadante más grueso que genera el uso de clarificantes se usa guácimo y para la "cachaza blanca" un segundo sobrenadante más fino que se aglutina después de retirada la cachaza negra se emplea cadillo. (Pérez Echeverry, 2004).

Salager Jean y Forgiarini de Guedez (2007) básicamente, la clarificación tiene lugar gracias a la flotación, puesto que es imposible realizarla mediante sedimentación ya que, en las pailas recibidora y clarificadora de la hornilla, los jugos se encuentran en ebullición. Así, algunos sólidos coloidales y colorantes, dispersos en los jugos, se aglutinan por efecto del calor en pequeñas masas llamados "flóculos", lo que permite eliminarlos a través de métodos físicos. El calentamiento acelera la formación de partículas de tamaño y densidades mayores e incrementa su velocidad de movimiento, lo que facilita su agregación y separación.

Caicedo Velasco y Saa Rivera (2011) exponen que tradicionalmente en el proceso de producción de panela se emplea mucílagos de algunas plantas anteriormente nombradas; en los últimos años también se ha recurrido al uso de polímeros químicos propios del proceso azucarero.

Formas de adición del auxiliar de clarificación.

La clarificación mediante cortezas se suele realizar de maneras diferentes (Caicedo Velasco & Saa Rivera, 2011):

- a) La corteza clarificante se sumerge directamente en los jugos (así se realiza en la mayor parte de las regiones paneleras de nuestro país).
- b) Se añade a los jugos una solución clarificante preparada por separado en la dosis de mucílago y temperatura de los jugos establecidos.

c) La adición del aglutinante se divide en dos partes: la primera parte se adiciona terminada la pre-limpieza a una temperatura algo mayor a la del ambiente generalmente, 2° a 3 °C; para iniciar allí la fase térmica del proceso de producción mediante el calentamiento de los jugos hasta 50°- 55°C.

CIMPA (1988) recomienda añadir de manera fraccionada la cantidad de mucílago calculada para la parada a clarificar, esto es, la adición será inicialmente del 75 % del clarificante.

Duran, Zapata y García (1992) indican que el mucílago de balsa se añade a los jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) dividido en dos aplicaciones. La primera cuando los jugos han alcanzado una temperatura entre 50° - 55 °C. y la segunda fracción una vez retirado la cachaza negra, cuando los jugos alcanzan 75°- 85°C se agrega el 25 % de mucílago restante, y, antes de que los jugos alcancen la ebullición se remueve la segunda capa de las impurezas o cachaza blanca la cual es más liviana que la anterior.

Estos autores señalan además que para la utilización del cadillo se construye una escoba con las ramas la cual se introduce en los jugos cuando estos alcanzan aproximadamente 50°- 55°C, se agita durante 3 minutos, se deja calentar, y se retira la cachaza negra cuando se alcanza una temperatura de 85 °C aproximadamente. Esta escobilla tiene una vida útil de aproximadamente 6 h.

El guácimo se utiliza comúnmente las cortezas de aproximadamente 10 ramas, las cuales se maceran para ser retiradas de las ramas y facilitar la liberación de los aglutinantes. Con estas cortezas se forma una escoba la cual se trabaja como el cadillo.

Por su parte, Blanco y Zumalacárregui (2006) señalaron que se agrega en un inicio las 3/4 partes de la cantidad de solución mucilaginosa necesaria y la cuarta parte restante una vez retirada la cachaza negra.

Caiceo Velaco y Saa Rivera mencionan (2011) Para el caso del mucilago de cadillo señalan que, la primera adición del 50 % de mucilago total necesario se realiza cuando el jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) se encuentra a una temperatura aproximada de 62 °C, se agita el jugo de caña por espacio de 15 minutos y luego se retira las cachazas. El 50 % restante se adiciona cuando el jugo alcanza una temperatura aproximada de 85 °C, y se repite la agitación de jugos por un tiempo de 5 minutos y finalmente se retira el resto de las cachazas presentes con un cedazo.

El sistema de sumergir las ramas de la planta directamente al jugo ofrece una menor homogeneidad de la clarificación, pero disminuye el consumo de bagazo en la hornilla. Sin embargo, en épocas de verano fuerte es necesario agregar agua al jugo sin clarificar para que suelte la cachaza totalmente.

Clarificación (separación de la cachaza)

Según estudios y comparaciones estadísticas, Carlos Gallardo y Holger Gallardo (2001) concluyeron que los contaminantes del jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en su mayoría son de origen vegetal y con tamaños menores a las 100 micras. Como resultados señalaron que, ni la filtración a nivel micro ni la centrifugación son económica y operativamente viables. Por otro lado, señalaron que se logran excelentes resultados con el uso de polímeros como floculantes, tanto por tiempo, precio y por la calidad de los jugos obtenidos.

La coagulación en base a mucílagos obtenidos de las diferentes cortezas (balso, cadillo y guácimo) generan una serie de reacciones físicas y químicas entre la sustancia adicionada (coagulante) y la solución (jugos)

que dan como resultado la remoción o desestabilización de las fuerzas que mantienen unidas las partículas. Los agentes clarificantes o coagulantes son de dos tipos los poli electrólitos y los coagulantes metálicos y se describen a continuación:

Su uso depende de la disponibilidad y costumbres de la zona. Una de ellas es la del Valle del Cauca y Risaralda, donde para remover la cachaza negra se usa guácimo y para la cachaza blanca se emplea cadillo. Además, existen otras plantas o productos vegetales de uso no tan generalizado como la "escoba babosa", el "Juan Blanco", la corteza del fruto del cacao, o el fique y que representan una alternativa para el desarrollo de los procesos de calidad de la panela. (Pérez Echeverry, 2004)

Osorio (2007) asevera que en la mayoría de las zonas paneleras de Colombia, estas plantas con poderes aglutinantes y floculantes están agotadas por el uso permanente e irracional, y su costo actual económico y ambiental es muy alto. Actualmente se dispone de algunas tecnologías para el manejo agronómico de estas especies, el control de las principales plagas y enfermedades que las afectan, la poscosecha y su uso como clarificantes vegetales en la limpieza de los jugos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) durante el proceso de producción de mieles y panela, con el fin de obtener un producto de mejor calidad. Esta es la misma situación que se presenta también en el Ecuador con la Yausa y Yausabara, que son muy demandadas en el proceso de clarificación de jugos.

Paz (1992), señala que la acción de la temperatura en el proceso de clarificación se evidencia cuando ésta oscila entre 70 y 80 °C. Debido que a los 80 °C, se produce la desnaturalización de las proteínas y la coagulación de las sustancias orgánicas, se ha fijado una temperatura límite de 80 °C, porque a temperaturas mayores a ésta, el movimiento de las moléculas del líquido por convección es muy rápido, con lo cual se produce la rotura de los flóculos formados.

Como consecuencia de la adición de mucílago, cuando los jugos llegan a temperaturas entre 75° y 85 °C, se forma en la superficie la llamada 'cachaza negra' capa inicial de impurezas resultantes, la cual se retira manualmente. Por su parte, los jugos remanentes que quedan en el fondo del recipiente son devueltos al proceso de limpieza en la paila clarificadora.

Conforme avanza el calentamiento de los jugos, se forma una segunda capa conocida como 'cachaza blanca', más liviana que la anterior, que se debe remover con prontitud, puesto que si los jugos alcanzan la ebullición se hace muy difícil retirarla y se diluye en el jugo haciendo la panela susceptible al crecimiento de hongos y levaduras, al mismo tiempo que se reduce de manera significativa su estabilidad y tiempo de almacenamiento. Por lo tanto, una clarificación adecuada determina en gran parte la calidad final de la panela y su color (CIMPA, 2012).

Finalmente, el control de pH a base de cal, el porcentaje de mucílago y la temperatura en un proceso bien llevado que se efectúe en el jugo, hace que se presente una separación de tres capas: las sustancias menos densas, las cuales flotan; las más densas, que se asientan en el fondo de la paila en forma de precipitado, y la porción central del jugo, que queda más o menos clara.

Cachaza.

La capa sobrenadante que se retira manualmente de la paila descachazadora es depositada en recipientes llamados cachaceras, en donde se deja reposar por un tiempo, para favorecer la formación de tres capas bien definidas: una superior de cachaza, una intermedia constituida por jugo limpio y otra en el fondo, formada por lodos y otros precipitados

La cachaza reviste una especial importancia, ya que ofrece al panelero una fuente de ingreso adicional. Por su alto contenido de sacarosa, la cachaza proporciona un alto valor energético en la dieta alimenticia de

cerdos, bovinos, equinos, etc. La cachaza líquida se deposita en bateas o abrevaderos para los animales y se debe suministrar en un tiempo máximo de 12 horas.

Para recuperar el jugo limpio, la cachacera posee un orificio a situado a cinco centímetros de la paila y el jugo decantado vuelve a caer a la paila clarificadora. (Gonzalez Ortiz & Jaimes Jaime, 2005)

CAPÍTULO 2: ASPECTOS METODOLÓGICOS

Experimentos realizados

Para este estudio se llevaron a cabo dos experimentos:

1. *Extracción del mucílago de la cáscara de cacao nacional cultivado en el recinto Las Juntas de la Parroquia Moraspungo; y,*
2. *Definir la viscosidad y concentración de mucílago de cacao nacional que permita una acción efectiva en el proceso de clarificación del jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar cultivada en el sector de San Ramón de la parroquia El Corazón.*

La materia prima que se utilizará será obtenida de las plantaciones anteriormente nombradas.

Métodos

La extracción del mucilago de cascara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional es **exploratoria, descriptiva y explicativa**. Ha sido exploratoria porque la técnica de extracción de este mucílago no ha sido explorada y reconocida, sin embargo, al concluir la misma, permitió obtener información que encamina sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa. Es descriptiva porque se describe una técnica de extracción del mucilago. Y, es explicativa porque la interpretación de resultados de esta realidad investigada se ha basado en un conjunto organizado de principios, inferencias, descubrimientos y afirmaciones.

Otros métodos que se usaron en esta investigación es el **analítico y síntesis**, por encaminarse a analizar en partes los elementos necesarios para cumplir con los objetivos propuestos, tales análisis permitió construir el experimento y resolver el problema de una manera lógica y ordenada que finalmente se obtuvo como producto la delimitación de las variables del proceso de

clarificación del jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar cultivada en el sector de San Ramón de la parroquia El Corazón.

Para la obtención del mucílago de cáscara de cacao (Theobroma cacao L) nacional.

Cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional.-

a0) pintón, y

a1) maduro.

b0) cáscara troceada, y

b1) cáscara finamente picada.

Para el establecimiento de los indicadores de clarificación.

A: Viscosidad del mucílago.-

a0) 20 cp.

a1) 25 cp. y

a2) 30 cp.

B: Concentración de mucilago.

b0) 0,75 %,

b1) 1,5 % y

b2) 2,25 %

Para la obtención del mucílago de cacao (Theobroma cacao L) nacional.

Tiempo de obtención de la viscosidad de 30 cp. o ligeramente mayor que 30 cp.

Para el establecimiento de los indicadores de clarificación.

Color de saturación del jugo (turbidez).

Análisis físico del experimento 1.

Determinación del tiempo de caída para obtener una viscosidad del mucilago de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional de 30 cp. medidos a 25 °C usando el viscosímetro de Ostwald.

Análisis físico del experimento 2.

Color de saturación (turbidez) de los jugos clarificados usando el colorímetro (espectrofotómetro) ANALYTIK JENA, modelo SPECORD 250 plus.

A continuación, se explica brevemente la funcionalidad básica de cada prueba no paramétrica utilizada en este estudio, junto al objetivo que se persigue con su utilización:

Test de Friedman (1940); Se trata de un análisis de varianza de segunda vía para variables apareadas u de carácter no paramétrico. Calcula el orden de los resultados observados por algoritmo (r_j para el algoritmo j con k algoritmos) para cada función, asignando al mejor de ellos el orden 1, y al peor el orden k . Bajo la hipótesis nula, que se forma a partir de suponer que los resultados de los algoritmos son equivalentes y, por tanto, sus rankings son similares, el estadístico de Friedman

$$x_F^2 = \frac{12N}{k \cdot (k+1)} \left[\sum jR_j^2 - \frac{k \cdot (k+1)^2}{4} \right],$$

Se distribuye aproximadamente acorde a χ^2 con $k-1$ grados de libertad, siendo $R_j = \frac{1}{N} \sum_i r_i^j$, y N el número de casos. Los valores críticos del estadístico de Friedman coinciden exactamente con los establecidos en la distribución χ^2 cuando $N > 10$ y $k > 5$.

Test de Holm (Holm, 1979) es una prueba que prueba secuencialmente las hipótesis ordenadas según su significación. Los valores de p se ordenan por p_1, p_2, \dots , de tal forma que $p_1 \leq p_2 \leq \dots \leq p_{k-1}$. El método de Holm compara cada p_i con $\alpha/(k-i)$ comenzando desde el valor de p más significativo. Si p_1 es menor que $\alpha/(k-1)$, la correspondiente hipótesis se rechaza y nos permite comparar p_2 con $\alpha/(k-2)$. Si la segunda hipótesis se rechaza, se continúa el proceso de comparación. En cuanto una determinada hipótesis no puede ser rechazada, todas las restantes se mantienen como aceptadas. El estadístico para comparar el algoritmo i -ésimo con el j -ésimo es:

$$z = (R_i - R_j) / \sqrt{\frac{k(k+1)}{6 \cdot N}}$$

El valor z se utiliza para encontrar la probabilidad correspondiente a partir de la tabla de la distribución normal, la cual es comparada con el correspondiente valor de α .

Los factores para estudiar en la presente investigación son los que se muestran en los siguientes cuadros:

Tabla 1: Arreglo factorial a*b para la obtención del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L) nacional con 30 cp.

Nº	Símbolo	Combinación Tratamientos
1	a ₀ b ₀	Cascara de cacao pintón con cáscara troceada
2	a ₀ b ₁	Cascara de cacao pintón con cáscara finamente picada
3	a ₁ b ₀	Cascara de cacao maduro con cáscara troceada
4	a ₁ b ₁	Cascara de cacao maduro con cáscara finamente picada

Elaborado por: Fernández, Ángel 2015.

Tabla 2: Arreglo factorial a*b para el establecimiento de los indicadores clarificación del jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar.

Nº	Símbolo	Combinación Tratamientos
1	a ₀ b ₀	20 cp. ^ 0,75 %
2	a ₀ b ₁	20 cp. ^ 1,5 %
3	a ₀ b ₂	20 cp. ^ 2,25 %
4	a ₁ b ₀	25 cp. ^ 0,75 %
5	a ₁ b ₁	25 cp. ^ 1,5 %
6	a ₁ b ₂	25 cp. ^ 2,25 %
7	a ₂ b ₀	30 cp. ^ 0,75 %
8	a ₂ b ₁	30 cp. ^ 1,5 %
9	a ₂ b ₂	30 cp. ^ 2,25 %

Elaborado por: Fernández, A 2015.

Población y Muestra.

Con el fin de garantizar la reproducibilidad de los datos experimentales, se propone trabajar con tres replicas, que para cada experimento se describe las unidades experimentales a ensayar:

1^{er} experimento Diseño factorial a*b donde cada factor tiene dos niveles diferentes, con tres replicas, en consecuencia:

Número de tratamientos: 4

Número de repeticiones: 3

Unidades experimentales: 12

2^{do} experimento Diseño factorial a*b donde cada factor tiene tres niveles cada uno, con tres replicas, quedando:

Número de tratamientos: 9

Número de repeticiones: 3

Unidades experimentales: 27

Técnicas

Obtención del mucílago de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional.

*Cosecha y selección del cacao (*Theobroma cacao L*) nacional.*

La madurez fisiológica de las mazorcas de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional se determina con el cambio de coloración de la cascara de un verde en estado inmaduro a un color amarillo en condición maduro.

Las mazorcas pintonas de coloración verde amarillentas fueron seleccionadas en el huerto.



Ilustración 1: Cosecha de cacao (Theobroma cacao L) nacional.

La cosecha se realizó utilizando palancas de caña de guadua con poladera bien afilada, que es una costumbre ancestral de los agricultores de Moraspungo y su entorno. Se tuvo cuidado de no dañar las partes leñosas del árbol de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional, para evitar que los cortes o heridas en las ramas o tronco sean la vía de penetración de alguna enfermedad en la planta. Si la mazorca se encontraba al alcance de la persona que realizaba esta actividad, se lo hacía con la ayuda de un machetillo.

La selección de las mazorcas se hizo a nivel de finca, pues se consideró únicamente aquellas pintonas y maduras en buen estado, que no presenten magulladuras por efecto de la caída del árbol.

Es de importancia evitar realizar cortes a la mazorca en esta operación, pues las cortezas que sufren golpes o cortes son rápidamente oxidadas.

Lavado.

Las mazorcas seleccionadas en el huerto fueron trasladadas al sitio donde se realizó la extracción de mucílago, esto en el Recinto Las Juntas, Parroquia Moraspungo. Seguidamente se procedió a lavarlas.

Corte de la mazorca y separación de las almendras.

Continuando con el proceso, se corta los extremos de la mazorca y se parte longitudinalmente con un machetillo de acero inoxidable, inmediatamente separar las almendras de cacao y continuar la operación unitaria así:

*Selección de las cáscaras de cacao (*Theobroma cacao L.*)*

Cuando al partir la mazorca de cacao (*Theobroma cacao L.*) y extraer las almendras, se observe índices de oxidación como se muestra en la figura 3, se debe descartar las cáscaras, pues conduce a obtener un mucilago ligeramente amarillento y no cristalino como es el adecuado.

*Picado de la cascara de cacao (*Theobroma cacao L.*)*

La cáscara fue picada finamente, con un espesor entre 0,3 – 0,6 mm. La cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*) nacional por ser leñosa, fibrosa y mucilaginoso, resultó complejo realizar el machacado con un mazo, pues al golpe se parte en trozos gruesos y salta.

Pesaje.

En una balanza Ohaus (precisión 0,1 g), se procedió a pesar la masa requerida de cáscara finamente picada.

Dosificación.

La dosificación de cáscaras de cacao (*Theobroma cacao L.*) nacional en las condiciones propuestas se calculó para un volumen de agua de 3 L., considerando como variable constante el 25 % de cáscara.

Deberá tener listo la dosis de aguardiente y pesado la cantidad de metabisulfito.

Quedando establecido la formula siguiente:

<i>Cáscara:</i>	25,0 %
<i>H₂O:</i>	73,59 %
<i>Aguardiente de 60°:</i>	1,4 %
<i>Metabisulfito de sodio:</i>	0,01 %

Inmersión en agua y cocción de la cáscara de cacao (Theobroma cacao L).

Previo al corte de la cascara del cacao (*Theobroma cacao L*) nacional, el agua se pone a calentar, y cuando está cerca de ebullición se procede a realizar las operaciones precedentes.

Alcanzado el punto de ebullición del agua, inmediatamente se añade el metabisulfito de sodio (y se agita para que se distribuya uniformemente en el agua), la cascara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional finamente picada y el aguardiente en las dosis establecidas en la fórmula.

Al añadir la cascara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional, y el aguardiente la temperatura del agua desciende, hasta alcanzar el equilibrio térmico; se espera que nuevamente alcance la temperatura de ebullición. A partir que ha alcanzado la ebullición esta mezcla, se deja hervir por 5 minutos. Durante este tiempo se agita levemente el sistema, de manera espaciada (unas dos a tres veces en este lapso).

Enfriamiento.

Transcurrido los 5 minutos en ebullición, debe retirarse del fuego y enfriarse a baño maría con abundante agua que está a temperatura ambiente. Durante esta etapa se agita la mezcla para ayudar al enfriamiento.

Estrujado.

Cuando la temperatura ha descendido alrededor de 40° – 45 °C, se procede a estrujar con la mano (obviamente con guantes quirúrgicos por higiene). Este proceso de estrujado se debe hacer por un minuto aproximadamente y en espacios de 5 a 6 minutos.

El estrujado, hace que la cascara genere rápidamente el mucilago a la concentración requerida en esta experimentación. Además, al estar cocidas y suaves las cáscaras finamente picadas, el estrujado da un aspecto de machacado a corteza de cacao nacional.

Tamizado.

Desde que se añade la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional a la cocción hasta que el mucílago alcanza una viscosidad de 25 cp. o 30 cp. demora aproximadamente 60 u 80 minutos respectivamente.

Transcurrido el tiempo citado, inmediatamente debe tamizarse para separar el mucilago generado de la cascara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional; caso contrario sigue soltando más mucílago y se puede superar la viscosidad deseada.

Envasado.

El mucilago obtenido, fue envasado ya en las cantidades requeridas para el proceso de clarificación en doble funda de polietileno de baja densidad.

Paralelamente se realiza la toma de muestras, que permite realizar el análisis de tiempo de caída, usando el viscosímetro de Ostwald, así como las determinaciones de densidad que permiten calcular la viscosidad.

Congelación.

Se congela las muestras de mucílago por espacio de 24 horas, para posterior utilización en el proceso de clarificación de los jugos de caña de azúcar de la variedad ragnar.

Esto se hace con el fin de conservar el mucílago, pues a la jornada siguiente se procede a utilizar en la clarificación de jugos.

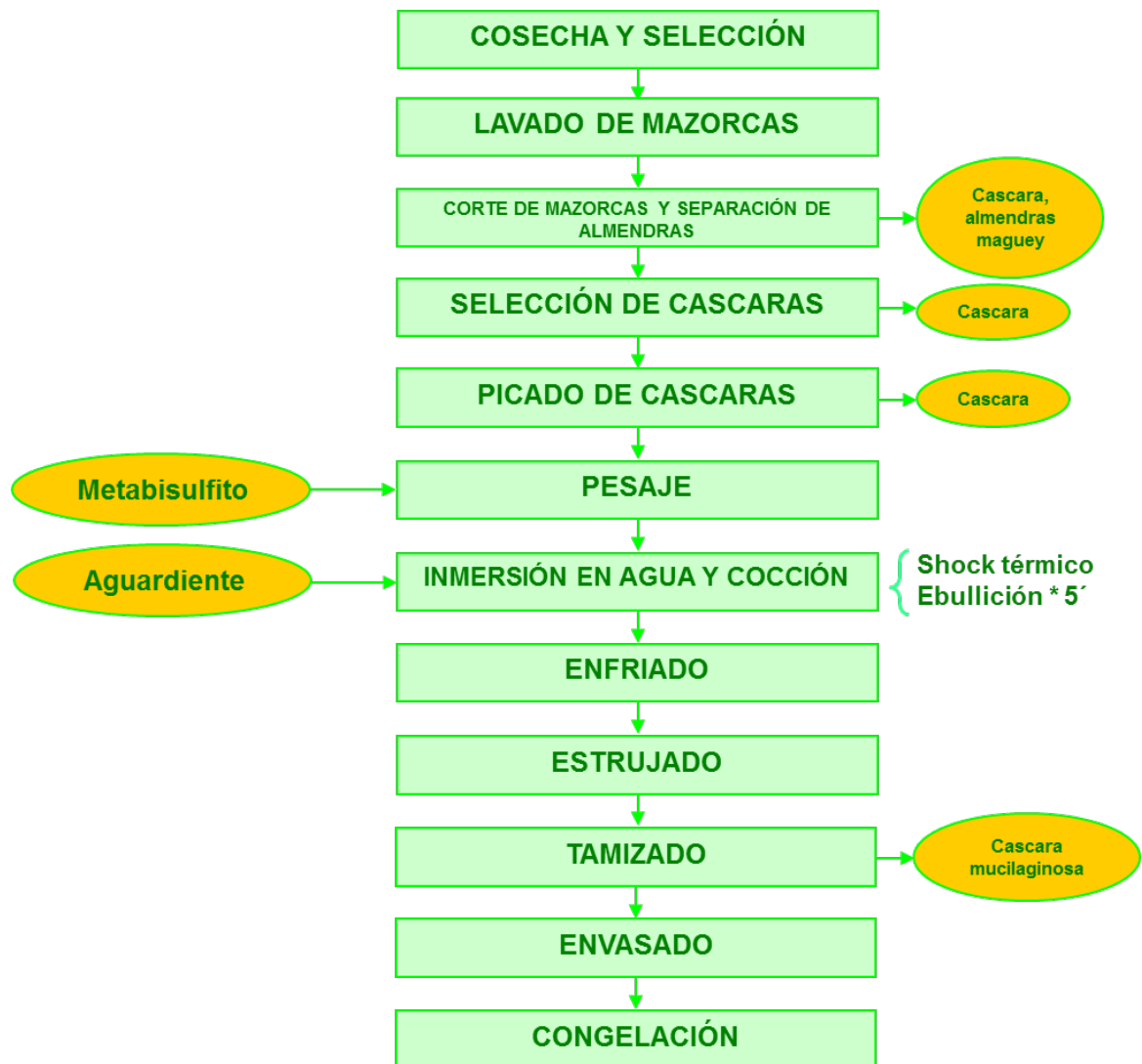


Ilustración 2: Diagrama de bloques mostrando corrientes de entrada y salida del proceso de obtención del mucílago de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L) nacional.

Determinación de la viscosidad del mucilago de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional.

Introducción.

La viscosidad es la resistencia que al flujo de una capa fluida ejerce las capas adyacentes. El coeficiente de viscosidad η es la fuerza requerida por unidad de área para mantener la unidad de gradiente de velocidad entre dos planos paralelos en el fluido, separados un centímetro.

La unidad de viscosidad en el sistema CGS se llama poise.

La viscosidad de un líquido puede ser determinada midiendo su velocidad de flujo a través de un tubo capilar. Para un líquido fluyendo a través de un tubo capilar de radio r , para un tiempo t , bajo una presión superior constante p , el volumen y el líquido fluyendo por el tubo está dada por la ecuación de Poiseville:

$$v = \frac{kptr^4}{8l} \quad (1)$$

Donde l es la longitud del tubo. Si las dimensiones del capilar y el volumen del líquido fluyendo a través de él, son constantes. La ecuación (1) se reduce a:

$$\eta = kpt \quad (2)$$

Así, aunque la determinación de la viscosidad absoluta es algo difícil, la relación de la viscosidad de los dos líquidos puede ser determinada usando un viscosímetro. La presión p que actúa sobre el líquido de densidad δ a través del capilar del viscosímetro tiene en cualquier instante el valor de $h\delta g$, donde h es la diferencia de altura entre los niveles en cada borde del instrumento. A pesar de que h varía a lo largo del experimento los valores inicial y final son los mismos en cada caso; por lo tanto δ es proporcional a

la densidad. La relación entre las viscosidades 1 y 2 de los dos líquidos cuyas densidades son δ_1 y δ_2 es:

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\delta_1 t_1}{\delta_2 t_2} \quad (3)$$

Donde t_1 y t_2 son los tiempos de flujo.

El viscosímetro debe ser por lo tanto calibrado usando un líquido de viscosidad y densidad conocidas, por ejemplo, el agua.

Aparatos y reactivos

- Viscosímetro de Ostwald.
- Cronómetro.
- Pipeta graduada de 10 mL.
- Varilla de agitación.
- Termostato 25 °C.
- Manguera.
- Agua.
- Solución de mucílago de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional.

Método.

Se lava el viscosímetro con una mezcla sulfocrómica, se enjuaga con agua destilada y se seca. Se asegura que el viscosímetro en el termostato a 25 °C ± 0.2 °C. Se añade con la pipeta un volumen especificado de agua (puede ser de 10 mL) y se deja 10 minutos para permitir que el agua alcance la temperatura del termostato. Con la ayuda de un pedazo de manguera se succiona el líquido por el brazo del capilar del viscosímetro hasta que la

superficie del líquido este más arriba de la marca superior “a” (Fig. 12). Entonces se permite que el líquido baje por el tubo. El tiempo requerido por la superficie del líquido (menisco) para pasar desde la marca superior “a” hasta la marca inferior “b” se anota.

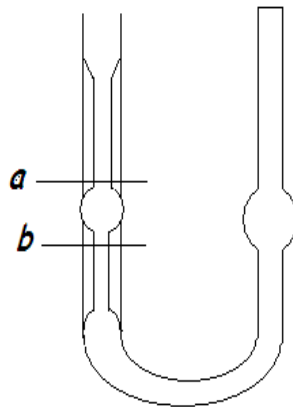


Ilustración 3: Viscosímetro de Ostwald.

El proceso se repite usando la misma cantidad de solución de mucílago de cacao nacional hasta obtener un valor constante.

Finalmente encontrar la viscosidad de la solución mucilaginoso de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional usando la ecuación (3).

*Proceso de clarificación de los jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar.*

El proceso de clarificación se ha llevado en las mismas condiciones de trabajo de los cañicultores Panguenses. Únicamente se limpió lo mejor posible el área de trabajo.

*Corte de la caña azúcar (*Saccharum officinarum*).*

El corte se realiza con la ayuda de machetes, y en la modalidad de entesaque y desguíe, pues en Pangua no se realiza el corte mediante zafra como es en los ingenios.

De la planta se escogen los tallos que han alcanzado su plena madurez, en el que prima la experiencia de los agricultores.

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar se agrupa en un pilo, para posterior transporte a la unidad de producción panelera.

El índice de madurez promedio con el que se trabajó en los tratamientos fue de $0,96 \pm 0,02$.

Transporte de la caña de azúcar (Saccharum officinarum).

Una vez cortada la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), inmediatamente es transportada a la unidad de producción (trapiche) a través de acémilas, tales como caballares o mulares, según la disponibilidad de los agricultores. En su gran mayoría, los agricultores tienen el trapiche junto al cultivo de caña de azúcar.

Limpieza de la caña de azúcar (Saccharum officinarum).

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) tiene raicillas y musgos adheridos al tallo lo que es necesario realizar un raspado ligero con un machete pequeño para eliminarlos.

Lavado de la caña de azúcar (Saccharum officinarum).

Para el desarrollo del proceso de clarificación la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar, se procedió a lavar con el fin de eliminar tierra, arena y excrementos de pájaros y/o insectos que se encuentran en algunos tallos. Esta operación no fue intensa, es decir no un cepillado de los tallos, sino, con la ayuda de saco plástico y abundante agua.

Partido de la caña de azúcar (Saccharum officinarum) y eliminación de fracciones con índice de deterioro y/o fermentación.

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar cultivada en el cantón Pangua es bastante gruesa, en especial la parte basal, por lo que se hace necesario la mayoría de tallos partir en dos y/o cuatro partes.

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) delgada no es necesario partir.

Esta operación permite observar cañas que han sufrido ataques de insectos, o sobre maduras que presentan índices de fermentación, por lo que se aprovecha para segmentar la fracción deteriorada.



Figura 1. Partido de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

Molienda de la caña de azúcar (Saccharum officinarum).

Partida la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) inmediatamente se procede al proceso de molienda, de tal manera que entre una operación y otra no se dejó transcurrir más de 10 minutos, esto con fin de evitar índices de fermentación.

Esta operación unitaria se realizó en un molino mecánico, cuyo rendimiento no superaba el 55 %; pues los agricultores de la zona consideran que ajustar más las mazas del molino para aumentar el rendimiento de jugo en relación con la cantidad de caña utilizada, hace que el bagazo salga muy troceado de este proceso, y ellos prefieren tener el bagazo entero para secar guindando en varengas estratégicamente ubicadas alrededor del trapiche.

Este bagazo se utiliza como combustible para el proceso de calentamiento y evaporación de los jugos para elaborar panela, alfeñiques o mieles; así como, para el proceso de destilación del aguardiente.

Prelimpieza de los jugos.

El jugo extraído en la operación unitaria de la molienda pasa por un prelimpiador, colocado estratégicamente a la salida del molino, continuando a ser recibido en una fina recibidora.

Inmediatamente se midió el volumen de 10 litros de jugo para el proceso de clarificación, y se añadió metabisulfito en una relación de 125 ppm, con el fin de evitar procesos de fermentación de los jugos.

El jugo extraído se analizó el pH, dando un valor en todos los tratamientos de 5,77. Para este fin se utilizó un pH-metro digital ECO TESTR pH2. El valor de pH de los jugos, determinó que no sea necesario añadir cal.

El valor promedio de los sólidos solubles, medido con un brixómetro de marca OECHSLE de 0 – 35% fue:

Para patrón y tratamientos con mucilago de 20 cp: 19,47 °Bx.

Para patrón y tratamientos con mucilago de 25 cp: 19,53 °Bx.

Para patrón y tratamientos con mucilago de 30 cp: 19,65 °Bx.

Calentamiento de los jugos.

Inmediatamente se procedió a calentar los jugos hasta alcanzar los $56\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, previo a la adición del mucílago de cascara de cacao obtenido. La temperatura se midió con un termómetro bimetálico marca *MULTI-THERMOMETER LCD DIGITAL*.

Para cada tratamiento considerado en relación a la viscosidad, se procedió a calentar un jugo en las mismas condiciones. Este es considerado patrón, ya que no tiene metabisulfito añadido, ni mucílago de cascara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional.

Adición de mucílago de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*).

Una vez alcanzado la temperatura de $56\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, se procedió a añadir el 75 % de mucílago de cascara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional según consta en el diseño experimental propuesto en esta investigación. Al añadirse el mucílago debe agitarse el jugo de caña de azúcar por espacio de unos 30 segundos, con el fin que el floculante natural se homogenice en el sistema.

Para el este caso, el mucilago que se encontraba congelado, previamente se descongeló por inmersión en agua a temperatura ambiente.

Gradiente de temperatura para la acción del mucílago de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional.

Se controló el proceso en todos los tratamientos, una vez añadido el mucílago de cascara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional, que la temperatura suba gradualmente a una razón de $1,5 \pm 0,2$ °C/min., para permitir la acción del floculante natural sobre las impurezas que tiene el jugo de caña de azúcar, y comience la formación de la cachaza negra sobrenadante.

Retiro de la cachaza, clarificación propiamente dicha.

Con la gradiente de temperatura controlada, y una vez que los jugos alcanzaron los 75 °C \pm 2 °C en aproximadamente 12 minutos, se formó una cachaza negra bastante espesa, la misma que fue retirada con un tamiz casero.

Mientras se retira la cachaza negra los jugos siguen calentándose, por lo que esta operación debe realizarse lo más rápido posible.

Retirada la cachaza negra se añade el 25 % de mucilago de cascara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional restante con el fin de que salga la cachaza más liviana que se torna blanquecina y que se va tornando dificultoso retirarla, esto debido a que, se observó que el movimiento de los jugos por el proceso de transferencia de calor por convección se acelera por sobre los 85 °C.

Los jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) alcanzan el punto de ebullición, a partir de este instante, se controló el tiempo y se dejó hervir los jugos por 5 minutos adicionales. Mientras los jugos hervían se continuaba sacando la cachaza blanca.

Una vez que ha hervido 5 minutos, se procedió a tomar las muestras que fueron envasadas en botellas tipo ámbar de la bebida pony malta (que fueron lavadas y desinfectadas).

Enfriado el jugo de las muestras se procedió a refrigerar las muestras, para posteriormente trasladar en empaques térmicos para que permanezca frescas, al laboratorio FICAYA de la Universidad Técnica del Norte, en la ciudad de Ibarra. Las muestras tomadas fueron analizadas en el colorímetro en un espacio de tiempo de 48 horas después.

El jugo clarificado se trasvasó a las pailas en donde concentraban para panela.

Determinación del color espectral y saturación.

Para la determinación del color espectral y saturación de los jugos clarificados de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar, se usó un colorímetro de las siguientes características:

- Espectrofotómetro: ANALYTIK JENA, modelo SPECORD 250 plus.
- Programa que usa el equipo para desplegar datos: WinASPECT PLUS.

El procedimiento se describe a continuación:

- Escoger la opción de medida: color.
- Tabla de muestras.
- Añadir el nombre de la muestra.
- Cargar la muestra en la celda de cuarzo.
- Comenzar y ordenar la lectura del color espectral y de saturación.
- Realizar un scanning del patrón y de la muestra.
- Guardar la lectura.

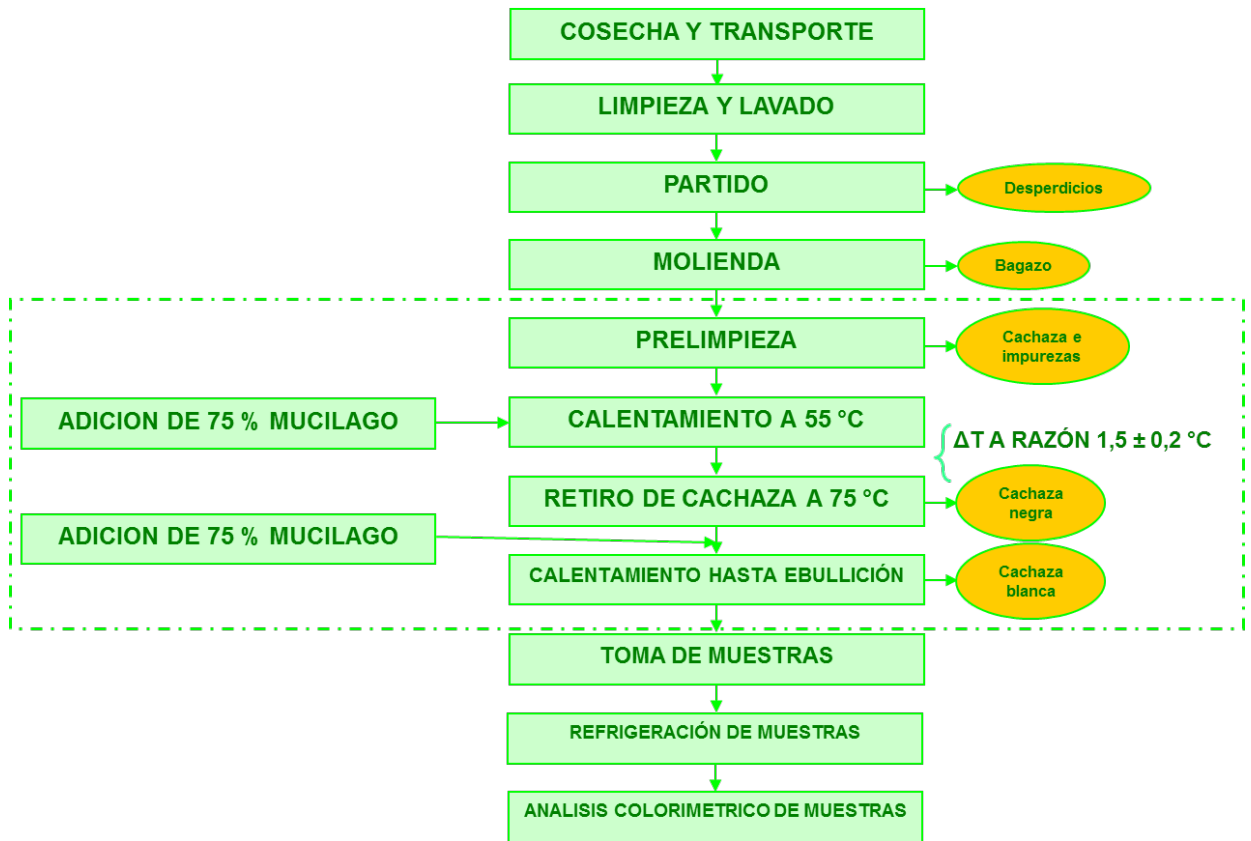


Ilustración 4: Diagrama de bloques mostrando corrientes de entrada y salida del proceso de clarificación del jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar usando mucílago de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L) nacional.

CAPITULO 3: RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

Análisis del proceso de obtención del mucílago de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de la extracción del mucílago de cascara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional en relación con el tiempo de inmersión en agua.

Tabla 3: Viscosidad del mucilago de cascara de cacao (Theobroma cacao l) nacional obtenido mediante inmersión en agua a dos tiempos en cada tratamiento.

Combinación de Tratamientos	Tiempo de inmersión (min)	Viscosidad mucilago de ca'scara de cacao (cp.)
a₀b₀	60	1,8599
	80	3,07403333
a₀b₁	60	15,3507333
	80	20,9163
a₁b₀	60	2,1347
	80	2,25296667
a₁b₁	60	25,5175667
	80	30,9386

Fuente: Fernández, A. (2015)

En los datos obtenidos de viscosidad (cp.) reportados en la tabla precedente, se observa que el cacao (*Theobroma cacao L*) nacional

¹ Promedio de determinaciones por triplicado

maduro del tratamiento a₁b₁ (cacao nacional maduro con cáscara machacada) desprende el mucílago a la viscosidad requerida en esta investigación en el menor tiempo; es decir, que en alrededor de 60 minutos se obtiene una viscosidad de 25 cp. y en aproximadamente de 80 minutos una viscosidad de 30 cp.

En la práctica le sigue el cacao pintón con cascara machacada que en la experimentación se obtuvo 20 cp. en tiempo aledaño a 80 minutos y con el procedimiento propuesto los 30 cp. se alcanza en torno a 90 minutos.

Para el caso de cascara de cacao (*Theobroma cacao L*) pintón y maduro en los tiempos estudiados se ha obtenidos muy bajas viscosidades, señalando que en el estudio exploratorio aun 24 horas después en estas condiciones sigue con viscosidades bajas que no alcanzan el 60 % de la viscosidad requerida para esta investigación.

Análisis del proceso de clarificación de los jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar usando mucílago de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional.

Con el fin de interpretar los resultados se parte de un análisis estadístico, (prueba de normalidad) para la aplicación de técnicas **paramétricas** o **no paramétrica**

Discusión

Formas de extracción de los mucílagos.

Paz (1992) estableció el siguiente procedimiento de extracción del mucílago de balsa: con 10 trozos de corteza de 30 x 10 cm que da un peso aproximado de 3 kg los que se sumergen en 10 litros de agua. Se deja reposar por 2 horas, tiempo en el cual se habrá formado una solución viscosa de 24 cp. (Determinado a 24 °C), se filtra para eliminar las impurezas.

El balsa para su utilización se retira la corteza del árbol, se maceran o machaca con un mazo con el propósito de liberar los mucílagos. Se dejan

en remojo hasta que forme una solución con una viscosidad de 6 cp. similar a la clara del huevo. (Duran, Zapata, & García, 1992)

La solución de mucílago se prepara sumergiendo la corteza en agua caliente hasta obtener un líquido viscoso. En algunos trapiches, la preparación externa del mucílago se sustituye el agua por jugo clarificado. Los aglutinantes se preparan disgregando 125 gramos de corteza de ramas maceradas en un litro de agua a 50 °C, en donde el balso disgregado en agua caliente reduce en 3%, la presencia de sólidos insolubles en el producto final sobre el método tradicional. (Caicedo Velasco & Saa Rivera, 2011)

Realizando un análisis, de la forma propuesta por Paz para extraer mucílago de balso, se desprende que la relación cáscara de balso y solución es del 23,08 %; mientras que, Caicedo y Saa sugiere 11,11 %, además señala una temperatura de maceración.

Las reacciones de óxido reducción son catalizadas por las enzimas óxido-reductasas (Scragg, 1996). La velocidad de reacción de las enzimas se duplica y hasta se cuadruplica cuando encuentran la temperatura adecuada de acción, por esta razón, y para no dar tiempo a su actividad es necesario provocar un shock térmico (2016).

Por lo anterior, esta investigación se realizó usando el 25 % de cascara de cacao en relación con el sistema, adicionando metabisulfito debido a que materia prima señalada es altamente oxidativa causadas por las enzimas óxido-reductasas, se sometió a un shock térmico para inactivar enzimas y provocar un blanching. El preservante se añadió porque el mucílago extraído no iba a ser de utilización inmediata, requiriendo de la aplicación de frío a nivel de congelación para evitar procesos fermentativos.

Dosis de mucílago en procesos de clarificación.

En varios lugares de Colombia se utilizan entre 15 y 30 litros de solución por cada 500 litros de jugo (Blanco & Zumalacárregui, 2006).

Añadir, el mucílago de balsa de 24 cp. 1,5 por ciento del volumen de jugo de caña a tratarse, obteniéndose una cantidad satisfactoria de la capa sobrenadante y no se ve afectado la turbidez (Paz, 1992). La solución de mucílago de balsa con una viscosidad de 6 cp. se debe adicionar el 2,5 % en referencia al volumen de jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) a clarificar (Duran, Zapata, & García, 1992).

En procesos de clarificación, se emplean soluciones flocculantes en dosis que oscilan desde 0,1% hasta 4% (p/v) (González, Falcón, & García, 2006)

Se desprende entonces que, la dosificación de mucílagos o flocculantes naturales varía entre 0,1 y 6 % según lo indicado por los investigadores de ésta área. Por lo que, se justifica plenamente el uso de porcentajes de 0,75, 1,5 y 2,25 % en esta investigación.

Temperatura adecuada para adición de mucílagos y su gradiente de calentamiento.

Las temperaturas que deben alcanzar los jugos de caña de azúcar antes de añadir el mucílago son variables, algunos autores recomiendan lo siguiente:

Una vez que se ha completado el nivel de jugo en paila clarificadora y calentado alrededor de 60 °C se añade el mucílago. (CIMPA, 1988) y permitir un tiempo de operación adecuado para garantizar la formación de una espesa capa de cachaza que puede retirarse con facilidad. (Montenegro, 1983)

En Colombia en pruebas comparativas realizadas se notó que muchas veces en uso de mucílagos vegetales toma como temperatura inicial del proceso alrededor de 56 °C. (Duran, Zapata, & García, 1992)

Blanco y Zumanlacárregui (2006) Señalaron que la solución de mucílago se emplea cuando los jugos han alcanzado una temperatura superior a 60 °C.

Una vez añadido el mucílago, el proceso de transferencia de calor en la paila clarificadora de jugos de caña de azúcar el efecto combinado de temperatura - tiempo permite que se forme una capa sobrenadante de impurezas denominada cachaza. En este contexto, varios autores recomiendan lo siguiente:

Paz (1992) recomienda que la temperatura se eleve entre 1 y 1,5 °C por minuto.

Duran et Al (1992) Señala que una vez añadido el mucílago, el calentamiento hasta que se forme la cachaza negra antes de retirar de los jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en las proximidades de los 75 °C, debe durar 10 minutos. Para obtener los mejores resultados la velocidad de calentamiento debe ser superior a 1,5°C por minuto.

Por su parte, Caicedo Velasco y Saa Rivera (2011) Sugieren que la velocidad de calentamiento debe ser superior a 1°C/min para que los resultados sean satisfactorios.

Estas investigaciones precedentes, permitieron decidir qué, la adición del mucílago de la cascara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional sea a 56 °C \pm 2 °C y un incremento de temperatura una vez añadido el floculante de razón de 1,5 \pm 0,2 °C/min.

El inicio de retiro de la cachaza negra se realizó a 75 °C \pm 2 °C, pues presentó buena consistencia a la temperatura citada.

Control de pH de los jugos de caña de azúcar.

El pH de los jugos en el momento de adicionar el aglutinante es de 5.8 (Duran, Zapata, & García, 1992). La actividad de los clarificantes vegetales es más eficiente entre un pH 5,2 a 6,2; siendo los adecuados los valores de 5,7 a 5,8. Una clarificación eficiente con mucílago de balsa se encuentra en un pH 5,7. (Paz, 1992).

Fernández Escobar y Anda Torres (1998), manifiestan que en Pangua los mejores resultados del proceso de clarificación de los jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) usando mucílago de balsa para producir panela granulada está en pH 5,8 a 5,85.

La regulación del pH en la producción de panela se realiza mediante el uso de la cal (Duran, Zapata, & García, 1992).

Antiguamente la clarificación se realizaba con cal y calor, el cual es conocido como proceso de defecación simple y se efectúa antes de concentrado el jugo por evaporación. La cal produce reacciones con las sustancias en el jugo, de diferentes características: algunas dan origen a compuestos que quedan en suspensión, otras producen precipitados y también se producen reacciones que forman compuestos solubles en el jugo (ICIDCA, 1989).

Para este proceso de clarificación emprendido con el uso de mucílago de cascara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional, no fue necesario realizar el ajuste del pH a valores considerados por investigadores de la industria panelera como óptimo, pues los jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) del sector de San Ramón, de la Parroquia el Corazón, presentaron un pH promedio de 5,77. Debiendo anotar que, la fase experimental fue desarrollada *in situ* en octubre del 2015.

Color de los jugos clarificados.

Para el análisis debe tener en cuenta que, la aplicación de los principios y leyes en Ingeniería de Alimentos requiere la perfecta comprensión de que los alimentos son sistemas muy complejos de multi componentes, en algunos casos anisotrópicos, completamente variables en su composición, termolábiles y perecederos (Alvarado, 1996).

El color de un alimento es relevante, a punto que se lo considera precisamente como índice de calidad en varios productos manufacturados, entre otros, los zumos o jugos de frutas. Concede el carácter distintivo a los alimentos a los cuales está habituado el consumidor. Su aplicación es determinante en el diseño de cualquier tipo de envase y embalaje, siendo la respuesta a la máxima popular y de mercadeo resumida en la frase **cada día se come más por los ojos** (Saltos, Sensometría. Análisis en el Desarrollo de Alimentos Procesados, 2010)

Con respecto al color no se conoce un estudio que haya definido valores de color espectral y de saturación para jugos clarificados de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar, usando mucilagos de cascara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional o de otro floculante natural.

En el caso del patrón usado para comparar el mejor tratamiento, su color espectral fue de 576 nm, y de saturación 63,9099 %; y, en la combinación a₁b₂ el color espectral también es de 576 nm y de saturación 46,905167 %. Esto permite calcular el valor porcentual de aclaración de los jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar clarificados usando mucílago de cascara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional, así:

$$\% AJCA = \left(\frac{CE_p - CE_t}{CE_p} \right) * 100$$

De donde:

% AJCA: % de aclaración de los jugos de caña de azúcar.

CE_p: Color espectral del patrón.

CE_t: Color espectral del tratamiento.

$$\% AJCA = \left(\frac{63,9099 \% - 46,905167 \%}{63,9099 \%} \right) * 100$$

$$\% AJCA = 26,607 \%$$

Entonces, los jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar clarificados con mucílago de cascara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional, se aclaran en un 26,607 %.

Estos valores servirán de base para posteriores investigaciones en esta área, teniendo en cuenta que es un parámetro que define la calidad de los jugos, que conduce a un color amarillo brillante de la panel

Conclusiones

Para la obtención de mucílago de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional útil para clarificar jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar, debe utilizarse cascara de cacao maduro y machacado para macerar en agua por alrededor de 60 minutos y se obtendrá una solución de viscosidad de 25 cp. Esta maceración deberá seguir los lineamientos propuestos en la metodología de extracción. La formulación queda establecida así: Cáscara de cacao nacional 25,0 %; H₂O 73,59 %; Aguardiente de 60° 1,4 %; Metabisulfito de sodio 0,01 %

La clarificación utilizando mucílago de cacao (*Theobroma cacao L*) con viscosidad de 25 cp. y 2,25 % (tratamiento a₁b₂) en relación al volumen de jugo a tratar debe ser utilizado en procesos de clarificación de jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar; debido a que, el estudio realizado arroja que su valor medio es mejor en comparación los demás tratamientos y significativamente supero al patrón (jugo de caña sin adición de mucílago), a₀b₀ (20 cp. * 0,75 %), y a₂b₁ (30 cp. * 1,5 %).

Para medir la calidad de la clarificación de jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar, considerando el tratamiento a₁b₂, es decir utilizando mucílago de cáscara de cacao de 25 cp. y 2,25%, quedan establecidos los descriptivos siguientes: Color espectral 576 nm; Saturación 46,905167 %; desviación estándar 2,7548050; Mediana 46,3554 %; Varianza 7,589 y un Rango de 5,4267. Los jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad ragnar clarificados con mucílago de cascara de cacao (*Theobroma cacao L*) nacional, se aclaran en un 26,607 %.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Abarca, D., Martínez, R., Muñoz, J., Torres, M., & Vargas, G. (Noviembre de 2010). Residuos de Café, Cacao y cladodio de Tuna: Fuentes Promisorias de Fibra Dietaria. *Revista Tecnológica ESPOL*, 23(N. 2), 5.

Alvarado, J. D. (1996). *Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos* (Primera ed., Vol. 1). Quito, Pichincha, Ecuador: Radio Comunicaciones.

Blanco, G., & Zumalacárregui, L. (2006). Comportamiento de la Viscosidad de la Disolución Mucilaginoso de Cadillo Triunfeta empleada en la Clarificación de Jugos de Caña. *Centro Azúcar, UCLV(3)*, 11-18.

Caicedo Velasco, D. M., & Saa Rivera, I. C. (2011). *Estandarización de una fórmula de aglutinante natural extraído de la planta cadillo (triumfetta láppulal) para emplearse como clarificante en la producción de panela*. Santiago de Cali: Universidad de San Buenaventura.

Caps Vanaclocha, A., & Abril Requena, J. (2003). *Procesos de Conservación de Alimentos* (Segunda ed.). Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa.

Castillo, R., Mendoza, J., Silva, E., Aucatoma, B., Salazar, M., & Vásquez, E. (2009). Nueva Variedad de Caña de Azúcar para la Costa Ecuatoriana. *Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador. Mejoramiento de los procesos de clarificación de jugos en el ingenio San Carlos*, 11(2), 8. Obtenido de <http://cincae.org/wp-content/uploads/2013/04/A%C3%B1o-11-No.-2.pdf>

Castillo, R., Silva, E., Martínez, F., Garcés, F., & Mendoza, J. (2013). Nueva variedad de caña de azúcar para la costa ecuatoriana Carta Informativa. *cincae*.

CIMPA. (1988). *Avances en el Cultivo de Caña y Elaboración de Panela* (Tercera ed.). Barbosa, Colombia: ICA - HOLANDA - CIMPA.

CIMPA. (1992). *Manual de Elaboración de Panela y Otros derivados de la Caña*. Barbosa, Colombia.

CIMPA. (2012). *Manual de Caña Panelera*. Barbosa, Santander, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario.

Collaguazo Manotoa, K. F., & Játiva Gavilanes, J. L. (Noviembre de 2007). Construcción de un prototipo mecánico de batido para mejorar el proceso de producción de panela granulada artesanal. Quito, Ecuador: EPN.

Cuéllar G, O., & Guerrero A, G. (2012). *Actividad antibacteriana de la cáscara de cacao, Theobroma cacao L. Pereira* - Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682012000300012

Da Silva, C. A., Baker, D., Shepherd, A. W., Jenane, C., & Miranda da Cruz, S. (2013). *Agroindustria Para el Desarrollo*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Duran, F., Zapata, N., & García, H. (1992). *Manual de elaboración de panela y otros derivados de la caña*. Barbosa, Colombia: ICA - Holanda.

Fernandez Escobar, A. O., & Anda Torres, L. (1998). *Proyecto de Factibilidad de Instalación de una Planta Productora de Panela*

Granulada en el Cantón Pangua. Ambato, Tungurahua, Ecuador: Universitaria UTA.

Freile Vega, D. (2011). *Elaboración y Control de Vino de Arazá (Eugenia stipitata subsp. sororia)*. Madrid, España. Obtenido de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/94/1/Elaboraci%C3%B3n%20y%20control%20de%20vino.pdf>

Friedman, M. (1940). A Comparison of Alternative Tests of Significance for the Problem of m Ranking. *Annals of Mathematical Statistics*, 1940. 11: p: 86 - 92.

Gallardo Cabrera, C., & Gallardo Cabrera, H. F. (2001). *Clarificación del Guarapo de Caña de Azúcar en la Producción de Panela*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

García Mancilla, H., & Matus Parra, J. (s.f.). *Estadística Descriptiva e Inferencial I. Antecedentes Históricos de la Estadística y sus Funciones*. (C. d. Bachilleres, Ed.) Obtenido de http://www.conevyt.org.mx/bachillerato/material_bachilleres/cb6/5s_empdf/edin1/edin1_f1.pdf

González , Y., Falcón, J., & García, E. (2006). *Empleo de Floculantes en la Determinación del % de Pol en Jugo de Caña de Azúcar*.

Gonzalez Ortiz, C., & Jaimes Jaime, M. R. (2005). *Jugo derivado del mucilago de cacao*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Gordillo, G., & Garcia, H. (1992). *Manual para el diseño y operación de hornillas paneleras*. Barbosa, Colombia.

Goyes Terán, G. A. (2014). *Reingeniería del Proceso de Clarificación de Jugo de Caña en el Ingenio Azucarero del Norte IANCEM*. Quito: Universitaria.

Holm, S. (1979). A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scand Journal Stat*, 1979. 6: p. 65-70.

ICIDCA. (1989). *La Industria de los Derivados de la Caña de Azúcar*. La Habana, Cuba: Cientifico Tecnica.

INEN. (2012). Aditivos Alimentarios permitidos para consumo Humano. Listas positivas. Requisitos. *Segunda revisión(2074), Primera*. Quito, Pichincha, Ecuador.

Martinez Gomez, M., & Marí Benlloch, M. (s.f.). *La Distribución Normal*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7939/La%20distribucion%20Normal.pdf?sequence=3>

Matute, L., Bedoya, C., & Feo, J. (2012). *Determinación de la concentración óptima de floculante a usar en la clarificación de jugos de caña en un central azucarero*. San Mateo, Venezuela: Universidad Central de Venezuela.

Mejía, L., & Arguello, C. O. (2000). *Tecnología para el Mejoramiento del Sistema de Producción de Cacao*. Bucaramanga: CORPOICA.

Memorias de actualización de conocimientos de la maestría "Zumos Tropicales". (Abril de 2016). *Conservación*. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca.

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). (2010). *Calidad de los Alimentos vinculada con el origen y las tradiciones en América Latina, "Diagnóstico de las cadenas de valor del cacao en el Ecuador"*. *Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones*, 4.

Montenegro, G. (1983). *Estudio de la Producción y Comercialización de la Caña de Azúcar (Saccharum officinarum L), Azúcar y Subproductos*. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

Nazareno, M. A., & Padron Pereira, C. A. (2011). Nuevas tecnologías desarrolladas para el aprovechamiento de las cactáceas en la elaboración de alimentos. Componentes funcionales y propiedades antioxidantes. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 22.

Osorio Cadavid, G. (1996). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas - BPA y Buenas Prácticas de Manufactura – BPM - en la Producción de Caña y Panela. FAO.

Osorio Cadavid, G. (2007). *Manual Técnico de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) en la Producción de Caña y Panela*. Medellín - Colombia, Colombia: FAO-CAPROICA-MANA.

Pacheco, L., Mendoza Mociño, S., Silva Puente, D., & Granados, B. (2003). Estructuras mucilaginosas en helechos y plantas afines con énfasis en el género *Diplazium* (Woodsiace). *ContactoS*, 48, 56-60. Obtenido de <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n48ne/helecdi p.pdf>

Paz, H. (1992). *Tratamiento del Jugo de Caña para la Elaboración de Panela*. Quito, Pichincha, Ecuador: EPN.

Pérez Echeverry, P. (2004). . Mucílago pulverizado obtenido a partir de cáscara de cacao, una alternativa en la clarificación de jugos en la industria panelera. Manizales: Universidad Nacional.

Prada, L. (2002). *Mejoramiento en la Calidad de la Miel y Panela*. Colombia: PRONATA-CORPOICA-CIMPA.

PRO ECUADOR Instituto de Promoción de Exportación e Inversiones. (2011). Análisis Sectorial de Cacao y Elaborados. *Inteligencia Comercial e Inversiones.*, 5-6.

Quezada Moreno, W. F., & Gallardo Aguilar, I. (Mayo - Agosto de 2014). Obtención de Extractos de Plantas Mucilaginosas Para la Clarificación de Jugos de Caña. *Tecnología Química*, XXXIV(2), 201.

Rojas Davila, M. (2003). Técnicas Estadísticas Paramétricas y no Paramétricas Equivalentes: Resultados Comparativos por Simulación. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universitaria de la Escuela Politécnica del Litoral. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4091/1/6619.pdf>

Salager Jean, L., & Forgiarini de Guedez, A. (2007). *Fundamentos de Flotación. Laboratorio de Formulación, Interfases, Geología y Procesos*. Venezuela: Universidad de Los Andes.

Saltos S, H. A. (1993). *Diseño Experimental. Aplicación de Procesos Tecnológicos*. Ambato, Tungurahua, Ecuador: Universitaria UTA, Editorial PIO XII.

Saltos, H. A. (1986). *Estadística de Inferencia* (Primera ed., Vol. 1). Ambato, Tungurahua, Ecuador: PIO XII.

Saltos, H. A. (2010). *Sensometría. Análisis en el Desarrollo de Alimentos Procesados* (Primera ed., Vol. 1). Ambato, Tungurahua, Ecuador: Editorial Pedagógica Freire.

Sandoval, G. (1996). Manejo de jugos, limpieza, clarificación, evaporación y concentración.

Scragg, A. (1996). *Biotecnología para Ingenieros. Sistemas Biológicos en Procesos Tecnológicos*. México: Limusa S.A. de C.V.

Spencer - Meade. (1967). *Manual de Azúcar de Caña*. Barcelona, España.

Toala Bayas, G., Bernal Liranza, N., & Contreras Muñoz, V. (2013). Comportamiento de las variedades comerciales y en desarrollo en el ingenio La Troncal. Guayaquil.

Vásquez Restrepo, C., Gutiérrez Uribe, A. M., & Álvarez González, J. I. (2006). Propagación por Estacas Juveniles del Balso Blanco (*Heliocarpus americanus* L. Sin. H. popayanensis) Utilizando Propagadores de Sub-irrigación. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín.*, 1.

Villarroel M, A. E., & Ortiz, J. (2006). *Aplicación de Técnicas para la Clarificación del Jugo de Caña (Saccharum officinarum) como Mejorador de sus Características Organolépticas*. Ambato, Tungurahua, Ecuador: Universitaria UTA.

Descubre tu próxima lectura

Si quieres formar parte de nuestra comunidad,
regístrate en <https://www.grupocompas.org/suscribirse>
y recibirás recomendaciones y capacitación



   @grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

compAs
Grupo de capacitación e investigación pedagógica



@grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

